

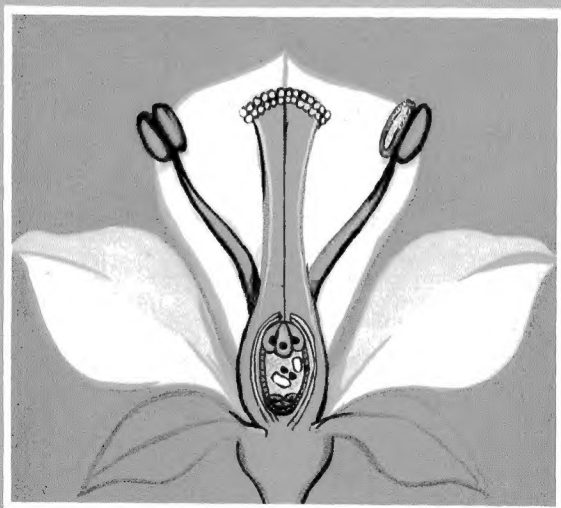
مورفولوجيا النباتات الزهرية

«علم الشكل والتركيب في النباتات الزهرية»

تأليف

أ.د. مصطفى صالح الحديدي

أ.د. محمد نصر الدين هلال / أ.د. عرفة أحمد عرفة



مورفولوجيا النباتات الزهرية

مورفولوجيا النباتات الزهرية

«علم الشكل والتركيب في النباتات الزهرية»

تأليف

الأستاذ الدكتور/ مصطفى صالح الحديدي

أستاذ (متفرغ) علم النبات

كلية الزراعة - جامعة المنصورة

الأستاذ الدكتور/ محمد نصر الدين هلاي الأستاذ الدكتور/ عرفة أحمد عرفة

أستاذ علم النبات

أستاذ علم النبات

كلية الزراعة - جامعة المنصورة

كلية الزراعة - جامعة المنصورة



ص. ب: ١٠٧٢٠ - الرياض: ١١٤٤٣ - تليكس ٤٠٣١٢٩

المملكة العربية السعودية - تلفون ٤٦٥٨٥٢٣ - ٤٦٤٧٥٣١

رقم الإيداع ٩٤/٣٦٧١



© دار المريخ للنشر ، الرياض، المملكة العربية السعودية، ١٤١٤ / ١٩٩٤م
جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة لدار المريخ للنشر - الرياض
المملكة العربية السعودية، ص.ب ١٠٧٢٠ - الرمز البريدي ١١٤٤٣
تلكس ٤٠٣١٢٩ - فاكس ٤٦٥٧٩٣٩، هاتف ٤٦٤٧٥٣١ / ٤٦٥٨٥٢٣
لا يجوز استنساخ أو طباعة أو تصوير أي جزء من هذا الكتاب
أو اختزاله بأية وسيلة إلا بإذن مسبق من الناشر .



المحتويات

١١	مقدمة
١٥	الفصل الأول : النباتات مغطاة البذور
	نشأة وتكوين بذور مغطاة البذور - التلقيح والاختصاص - تكشف الجنين - تكوين الأندوسبرم والبريسم - التعدد الجنيني .
٤٥	الفصل الثاني : البذور
	القصرة - تركيب الجنين في مغطاة البذور - التنوع في عدد فلقات الجنين - النسيج الاختزالي في البذور - المواد المخزونة في البذور - الأجنة الشاذة في ذوات الفلقة الواحدة .
٥٩	الفصل الثالث : تركيب البذور
	البذور ذات الفلقتين - البذور غير الإندوسبرمية - بذرة الفاصوليا - بذرة القطن - بذرة قرع الكوسة - البذور الإندوسبرمية - بذرة الخروع - بذرة الطماطم - بذرة بنجر السكر - بذرة الكتان - البذور ذات الفلقة الواحدة - بذرة البصل - حبوب الغلال .
٧٣	الفصل الرابع : إنبات البذور
	بذور ذوات الفلقتين - بذرة القطن - بذرة الطماطم - بذور ذوات الفلقة الواحدة - بذرة البصل - بذرة البلح - حبة الذرة .
٨٧	الفصل الخامس : الجذور
	أنواع الجذور - مناطق الجذر - الجذور المتخصصة - التكاثر بواسطة الجذور - الجذور عديمة الشعيرات الجذرية - الجذور في النباتات المتطفلة - العقد الجذرية .

١٠٧ الفصل السادس : الساق

المظهر الخارجى للساق - سطوح السيقان - السيقان الهوائية المتخصصة -
السيقان تحت الأرضية - الفسائل الجذرية - البراعم - تفرع السيقان .

١٣١ الفصل السابع : الأوراق

التركيب الخارجى للأوراق - نصل الورقة - العنق - قاعدة الورقة -
الأذينات - الأوراق المركبة - بقاء الورقة - ترتيب الأوراق على الساق -
التباين الورقى - الأوراق المتخصصة .

١٥٩ الفصل الثامن : التركيب الداخلى لجسم النبات الزهرى

الخلية النباتية - تركيب الخلية النباتية - السيتوبلازم - النواة -
البلاستيدات - الميتوكوندريا - الريبوزومات - الديكتيوزومات - الأجسام
الكروية - الأنبيبات الدقيقة - الليزوزومات - المكونات غير
البروتينية :- الفجوات والعصير الخلوى - الكربوهيدرات -
البروتينات - الزيوت والدهون - الكيوتين والسوبرين - الشموع النباتية -
اللبن النباتي - الراتنجات - الدباغيات - أشباه القلويدات -
الانزيمات - الهرمونات .

٢٠١ الفصل التاسع : جدار الخلية

منشأ وتكوين جدار الخلية - تركيب جدار الخلية - التركيب الكيماوي
للجدار - التركيب الدقيق للجدار - نمو الجدار الخلوى - المسافات البينية
- النقر - ترتيب النقر في جدر الخلايا - الروابط البلازمية .

٢٢٣ الفصل العاشر : الأنسجة النباتية

المرستيات - تصنيف المرستيات - نظم النمو في المرستيات - المرستيات
القمية - المرستيات البينية - المرستيات الجانبية - المرستيات والتميز
الخلوى .

٢٥٧ الفصل الحادى عشر : الأنسجة المستديمة

البارنكيا - الكولنكيا - الاسكلرنكيا - الأنسجة الوعائية - الخشب -

العناصر الناقلة - الأوعية - القصيبات - ألياف الخشب - بارنكيا
الخشب - التيلوزات - اللحاء - الأنابيب الغربالية - الخلايا المرافقة -
بارنكيا اللحاء - ألياف اللحاء.

٣٠٧ الفصل الثاني عشر: البشرة

بقاء البشرة - منشأ البشرة - محتويات خلايا البشرة - الأدمة - تركيب
البشرة في العائلة النجيلية - البشرة المتضاعفة - الثغور - تركيب الخلية
الحارسة - ميكانيكية حركة الخلايا الحارسة - منشأ الثغور - تصنيف
الثغور - زوائد البشرة - الشعور - البريدم - منشأ البريدم - تركيب
البريدم - وظيفة البريدم - الرايتيلوم - نبات بلوط الفلين - الطبقات
الواقية في ذوات الفلقة الواحدة - العديسات - منشأ العديسات - بقاء
العديسات.

٣٤٥ الفصل الثالث عشر: التراكيب الافرازية

التراكيب الافرازية الخارجية - الشعور الغدية - الغدد الرحيقية - الغدد
المضمية - الثغور المائية - التراكيب الافرازية الداخلية - الخلايا
الافرازية - التجاويف والقنوات الافرازية - نسيج الحليب النباتي -
الحليب النباتي - ترتيب تراكيب الحليب النباتي في جسم النبات.

٣٥٩ الفصل الرابع عشر: التركيب الداخلي لأعضاء النبات الزهري

التركيب الابتدائي للجذر - منشأ الجذور الجانبية - منشأ الجذور
العرضية - تكوين البراعم على الجذور - النمو الثانوي في الجذور -
الجذور التي لا يحدث فيها نمو ثانوي - الجذور ذات النمو الثانوي -
التحول الوعائي بين الجذر والساق.

٣٨٧ الفصل الخامس عشر: التركيب الداخلي للساق

التركيب الابتدائي لساق ذوات الفلقتين - العمود الوعائي - مسار الورقة
- مسار الفرع - الثغرة الورقية والثغرة الفرعية - التركيب الوعائي الشاذ
للسيقان الابتدائية في مظلة البذور - التركيب الابتدائي لساق الفرع -
التركيب الداخلي للساق في ذوات الفلقة الواحدة - تركيب ساق نبات

القمح - تركيب ساق نبات كشك الماظ - النمو الثانوي العادي في ذوات الفلقتين - النمو الثانوي للسيقان الخشبية ذوات الفلقتين - النمو الثانوي للسيقان العشبية ذوات الفلقتين - النمو الثانوي الشاذ في ذوات الفلقتين - النمو الثانوي في سيقان ذوات الفلقة الواحدة - الفلين الطبقي - التثام الجروح - الكامبيوم والكالوس في التطعيم - حلقات النمو - المسام - الخشب الرخو والصمغي - القلف

٤٢٧ الفصل السادس عشر: التركيب الداخلي للورقة

نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقتين - نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقة الواحدة - منشأ وتكوين الورقة المركبة - تكوين حراشيف البراعم - التركيب التشريحي للأوراق في مظلة البنور - تركيب الورقة في النباتات ذوات الفلقتين - نهايات الحزم - غلاف الحزمة - أنسجة التدعيم في النصل - تركيب عنق الورقة - التركيب الداخلي لورقة نبات الكتان - التركيب التشريحي للورقة ذات الفلقة الواحدة - تركيب البشرة في ورقة النجيليات - التركيب الداخلي لورقة نبات القمح - انفصال الأوراق.

٤٦١ الفصل السابع عشر: تكيف النباتات لعامل الماء

النباتات المائية - النباتات المغمورة - النباتات الطافية - النباتات البرمائية أو المنبتقة - التكاثف في النباتات المائية - النباتات الوسيطة - النباتات الجفافية - النباتات العصيرية - نباتات الكتبان الرملية.

٤٧٧ الفصل الثامن عشر: الزهرة

الأعضاء الزهرية - التركيب المورفولوجي لحبوب اللقاح - طرز حبوب اللقاح - الجهاز الوعائي في الزهرة - الوضع المشيمي - وضع المحيطات الزهرية على النخت - أشكال البويضات - الغدد الحقيقية الزهرية - سقوط أجزاء الزهرة.

٥٢٥ الفصل التاسع عشر: دليل إيضاح معاني المصطلحات العلمية

مقدمة

إن التقدم في علوم النباتات يعتبر وليد للجهود الشاقة التي بذلها العلماء الأوائل . وكان النجاح الذي حققوه ركيزة لما توصل اليه علماء العصر الحديث من اكتشافات علمية أدت الى مانحن فيه من ازدهار علمي تجنى البشرية رفاهيتها من ثماره ورغم الحقائق العديدة التي تتضمنها حاليا علوم النبات ، فلا يزال هناك العديد من البحوث تجري في معاهد العلم وهيئات البحث العلمي لإكتشاف أسرار حياة النباتات . وفي كل عام تضاف معارف جديدة كاشفة لغموض بعض أسرار حياتها . وسوف تظل هذه البحوث قائمة مابقيت الحياة .

إن عالم النباتات مغطاة البذور رائع خلاب ، وهي مصدر لغذاء الإنسان والحيوان . وكساء للجسم ودواء للأمراض . كما أنها مصدر للطاقة ، وعديد من المنتجات التي ننعيم بها الإنسان .

علم شكل النبات وتركيبه Plant Morphology هو أحد العلوم الرئيسية لعلوم النبات ، ازدهر في القرن العشرين ، وتنوعت مجالاته ، سواء الوصفية أو التشريحية أو التكوينية وغيرها ، ووضعت فيها المؤلفات عديدة ، وأصبح لكل منها علماء متخصصون . يعد هذا العلم الأساس الذي تركز عليه علوم النبات الأخرى ، ولهذا يجب أن يلم بأساسياته كل متخصص في أى من هذه العلوم والمشتغلين في مجالاتها .

ويختص علم شكل النبات وتركيبه بدراسة الوصف الخارجى والتركيب الداخلى للنباتات ، ومعرفة التشابه والاختلاف في التركيب والنشأة ، كما يشمل دراسة دورة الحياة في النباتات وما يحدث خلالها من تغيرات أو تكوينات . ولما كانت التفاصيل التركيبية الدقيقة للخلية النباتية هي مجال علم الخلية Cytology وحشد الخلايا في أنسجة وأعضاء يختص بها علم الأنسجة Histology وتشريح النبات ، Anatomy فإنها تعتبر دعائم رئيسية لعلم مورفولوجيا النبات ، وقد أضافت معارف عديدة عن تركيب النباتات .

إن دراسة دورة الحياة ، تهيء طريقا لمعرفة نشأة النباتات وارتقائها والعلاقات القائمة بينها . وبالإضافة الى ماتقدم . فإن علم البيئة Ecology له ارتباط بمورفولوجيا النبات ،

حيث يتضمن علاقة النبات بالبيئة التي يعيش فيها والتحورات التي تحدث في تركيبه تحت ظروف بيئية مختلفة. هذه المجالات وغيرها، قد ساهمت في تقدم وتطور علم مورفولوجيا النبات.

لقد أعد هذا الكتاب لطلاب المرحلة الجامعية الأولى وطلاب الدراسات العليا في علوم النباتات التطبيقية مثل المحاصيل والبساتين والغابات وأمراض النبات وتربية النبات ليكون مرجعا لهم في مجال مورفولوجيا النباتات مغطاة البذور. ويتضمن هذا الكتاب عرضا متكاملا لمورفولوجيا النباتات مغطاة البذور، شاملا لأربعة مجالات رئيسية احتوت على (١٨) فصلا.

المجال الأول : تضمن دراسة دقيقة عن نشأة البذور والتركيب المورفولوجي لعدد منها ذات أهمية اقتصادية، وبعض التغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل تكوينها، بالإضافة إلى إنباتها.

كما يشمل هذا المجال الوصف المورفولوجي للجذور والسيقان والأوراق والتحورات التي تحدث فيها.

المجال الثاني : في هذا المؤلف يتضمن دراسة شاملة عن تركيب الخلية النباتية طبقا لما أوضحه المجهر الإلكتروني، والذي أظهر بها تراكيب وأعضاء صغيرة كان تركيبها الدقيق غير معروف، ومنشأ ما يحيط بها من جدر، فضلا عن تركيبها. كما تضمن هذا المجال أنواع الأنسجة المختلفة التي يتركب منها كل عضو في النبات، ودرجة التعقيد فيها. بالإضافة الى هذا المحتوى، تضمن المجال دراسة شاملة للمرستيات في مغطاة البذور والنظريات الحديثة المرتبطة بها.

المجال الثالث في هذا الكتاب شمل التركيب الداخلي لأعضاء النباتات والنمو الثانوي الذي يحدث في بعض هذه الأعضاء، بالإضافة إلى العلاقة بين تركيب النباتات مغطاة البذور والماء الذي يمثل أهم عوامل التربة تأثيرا في الشكل الظاهري والاستجابة التشريحية لأعضائها الخضرية تحت ظروف الماء.

المجال الرابع : تضمن دراسة وافية للزهرة شاملا التركيب المورفولوجي لأجزائها الزهرية المختلفة ومكوناتها، وبصفة خاصة تراكيبها التكاثرية والصور التي توجد عليها من زهرة الى أخرى.

وتمثل الرسوم والصور التوضيحية جزءا هاما في هذا الكتاب، بهدف زيادة استيعاب القارئ لمحتوياته، أخذ بعضها من الأبحاث المنشورة للمؤلفين بالإضافة الى أخرى من مراجع حديثة.

ولقد راعى المؤلفون أن تكون غالبية النباتات موضع الدراسة ذات أهمية إقتصادية، وميسور الحصول عليها من البيئة المحيطة، فضلا عن الاهتمام بذكر الأسماء العلمية لها الى جانب الأسماء الشائعة في مصر .

ولقد أضيف إلى هذا المؤلف فصل خاص يوضح تفسيرات للمصطلحات العلمية التي جاءت فيه وأخرى غيرها لتكون بمثابة إضافة علمية مختصرة وميسورة. كما تضمن المؤلف قائمة تحوى جزءا من المراجع التي تمت الاستعانة بها في إعداده. وكم كان يتمنى المؤلفون أن يضم هذا الكتاب مجالا إضافيا عن النورات والثمار في مظلة البذور، غير أن هذا المجال يتطلب حيزا كبيرا لا يتحمله هذا المؤلف. ويود المؤلفون أن يقدموا خالص الشكر وعظيم التقدير الى كل يد ساهمت في إعداد هذا الكتاب، داعين الله سبحانه وتعالى أن يوفق الجميع إلى ما فيه رضاه.

المؤلفون

الفصل الأول

THE ANGIOSPERMS النباتات مغطاة البذور

- نشأة وتكوين بذور مغطاة البذور
- التلقيح والاختصاص
- تكشف الجنين
- تكوين الأندوسبرم والبريسبرم
- التعدد الجنيني

الفصل الأول

النباتات مغطاة البذور

THE ANGIOSPERMS

النباتات مغطاة البذور تعرف عادة باسم النباتات الزهرية، وهي أحدث النباتات التي عاشت على سطح الأرض وأكثرها انتشارا في جميع بقاع العالم. تعتبر مغطاة البذور حديثة النشأة مقارنة بالمجموعات النباتية الأخرى. يرى كثير من العلماء أن بداية ظهور مغطاة البذور ترجع، على الأرجح إلى الحقب الميسوزي Mesozoic era في العصر الجوراسي Jurassic Period منذ حوالي ١٥٧ مليون سنة وأصبحت تسود على غيرها خلال العصر الكريتاسي Cretaceous Period وهو آخر عصور هذا الحقب، انتهى منذ حوالي ٦٠ مليون سنة. ولهذا فإن الحقب الميسوزي الذي استمر حوالي ١٢٥ مليون سنة، كان مهدا للنباتات مغطاة البذور.

الحقب السينوزي Cenozoic era أو الحقب الحديث، الممتد في وقتنا الحاضر، انقضى منه حوالي ٦٠ مليون سنة من تاريخ الأرض الذي يبلغ حوالي ٢٠٠ مليون سنة، يعتبر عصر النباتات مغطاة البذور والتي أخذت أنواعها العشبية تسود على غيرها، وتمثل قمة التطور في مغطاة البذور.

ولقد سادت مغطاة البذور على غيرها من مجموعات المملكة النباتية نتيجة لتكاثرها بالبذور وتكيف الغالبية العظمى لظروف بيئة الأرض.

ومغطاة البذور تضم حوالي ٢٠٠,٠٠٠ نوع، وهي السائدة والأكثر انتشارا في العالم، وتتباين في أشكالها وحجومها، وألوانها، وطبيعة نموها وبيئاتها التي تعيش فيها، ودورة حياتها، كما يوجد بينها اختلاف كبير في تخصص أعضائها الخضرية والتحورات التي تحدث فيها وتختلف أيضا في عدد وأنواع أجزائها الزهرية.

وتتنوع مغطاة البذور في الشكل والحجم عن أي مجموعة نباتية أخرى، فهي تضم أشجارا وشجيرات وأعشاب. تمثل الأشجار جزءا هاما منها، حيث يتراوح عددها بين

٢٠ - ٢٥ ألف نوع، مستديمة الخضرة أو متساقطة الأوراق. كثير من هذه الأشجار يزيد ارتفاعها عن ١٠٠ قدم، وتعتبر أشجار الكافور *Eucalyptus* التي تعيش في غابات استراليا أكبر الأشجار طولا حيث قد يبلغ ارتفاعها أكثر من ٤٠٠ قدم. وتدرج هذه النباتات في الحجم حتى تصل الى الصغيرة جدا مثل نبات *Wolffia* (٠,٠٥ من البوصة) وعدس الماء *Lemna minor* الذي لا يزيد طوله عن (٠,٧٥ من البوصة) وتتكون له أزهارا وثيارا وبذورا، والنباتات ثالوثية الطراز مثل الأعشاب المغمورة في المناطق الحارة من العائلة *Podostemaceae* حيث يكون النبات خيطيا أو مفلطحاً.

ومعظم النباتات مغطاة البذور وسيطة *Mesophytes* تعيش في بيئة غير متطرفة الجفاف أو الرطوبة كما في الحقول والحدائق، وغيرها صحراوية *Xerophytes* تعيش تحت وطأة الجفاف الشديد والقليل منها مائي *Hydrophytes* يعيش إما طافيا فوق سطح الماء، أو مغمورا فيه. والغالبية العظمى من مغطاة البذور تعيش حياة مستقلة تعتمد فيها على أعضائها، وقليل منها يعيش متطفلا مثل المألوك *Orbanche* والحامول *Cuscuta* والذبق *Viscum* الذي يتطفل على أغصان الأشجار مثل التفاح *Malus* والخور *Populus* وقليل منها يكون مترما ينتمى غالبا الى العائلة الأوركيدية *Orchidaceae* وبعض أنواع العائلة *Burmanniaceae* من ذوات الفلقة الواحدة. وهذه الأنواع الأخيرة عديمة الأوراق، ولها سيقان رقيقة وجذور، وتعيش على المواد العضوية المتحللة في الغابات القديمة. ولجنس *Monotropa* من العائلة *Pyrolaceae* من ذوات الفلقتين الذي يعيش على الدبال الرطب للأخشاب له مجموع جذري لحمي متفرع وينمو من القشرة حامل زهري هوائي أصفر اللون، يحمل أوراق حرشفية صفراء أو قرمزية وينتهي بنورة والجذور عبارة عن التجمع المعروف باسم جذر فطر *Mycorrhiza*.

وتتباين مغطاة البذور في طول فترة حياتها، حيث توجد نباتات معمرة *Perennials* مثل الأشجار والشجيرات وبعض الأعشاب *Herbs* وأخرى حولية *Annuals* تستكمل دورة حياتها خلال عام واحد على الأكثر ويموت النبات بعد تكوين الثمار، وهناك نباتات ذات حولين *Biennials* تستكمل دورة حياتها في عامين ثم تموت بعد تكوين الثمار والبذور.

وتختلف طبيعة النمو في النباتات مغطاة البذور، فسيقانها غالبا قائمة وتوجد أخرى زاحفة متسلقة بوسائل مختلفة، وأحيانا تنمو جزئيا تحت سطح الأرض. وتخصص سيقان بعض الأنواع في تخزين الغذاء مثل الدرنات *Tubers* والكورمات *Corms* أو تكون متورقة مثل السفندر *Ruscus* أو تتحول الى أشواك صلبة *Thorns* كما في العاقول *Alhagi* أو محاليسق *Tendris* للتسلق كما في نبات العنب *Vitis*.

والساق في ذوات الفلقتين تكون عادة متفرعة، تختلف في ذلك عن السيقان غير المتفرعة في النخيل Palms من ذوات الفلقة الواحدة. وملغ هذا فإن طراز ساق النخيل يكون نادرا في ذوات الفلقتين كما في شجرة الباباظ Papaw ذات الساق القائمة غير المتفرعة وتنتهي بتاج من أوراق كبيرة، والجذور غالبا وتدية Tap roots وكثيرا ماتكون عرضية Adventitious وأحيانا تتخصص في تخزين الغذاء مثل الجزر *Daucus carota* والبنجر *Beta vulgaris* أو التسلق مثل جبل المساكين *Hedera helix* والفانليا *Vanilla planifolia*.

وأوراق النباتات مغطاة البذور خضراء اللون عادة، وذات نصل منبسطة رقيق، يتنوع شكله وتعريقه ونوع حافته من نبات الى آخر. قد تكون الورقة بسيطة أو مركبة، كما قد تتحول الى أشواك كما في الصبار *Cactus* أو لمحاليق مثل حمام البرج *Lathyrus* *aphaca* أو الحياية أو تخزين الغذاء وغيرها. وقد تكون الورقة ذات أذنان أو عديمة الأذنان، وقد تأخذ الأذنان صورا مختلفة.

وتتنوع ثمار مغطاة البذور في الشكل والحجم والمنشأ وفي محتواها من البذور. قد تتكون الثمرة من مبيض الزهرة فقط، وقد يدخل في تركيبها جزء آخر من الزهرة كالتخت كما في التفاح *Malus sylvestris* أو كأس الزهرة كما في الدورانتا *Duranta*. وقد تنشأ الثمرة من عدد من المبايض Ovaries في زهرة واحدة كما في الفراولة *Fragaria*. والثمرة في مغطاة البذور قد تكون طرية أو جافة متفتحة أو غير متفتحة. تتباين والبذور في تركيبها وشكلها ولونها وغيرها من التكوينات الظاهرية على غلافها، كما قد تكون البذرة اندوسبرمية أو عديمة الاندوسبرم وقد يخزن الغذاء في نسيج يدعى البريسبرم *Perisperm*.

ومن الصفات الأخرى التي تتميز بها مغطاة البذور أن البويضات Ovulus توجد داخل البيض الذي يحيط جداره إحاطة تامة بالبويضات، يتكون من التحام حافتي أو حافات ورقة جرثومية واحدة أو أكثر. وقد يحتوى المبيض على بويضة واحدة أو أكثر أو عديد منها.

ويمتد داخل أجسام النباتات مغطاة البذور جهاز وعائي يتركب من نسيجي الخشب Xylem واللحاء Phloem. يتميز الخشب في الغالبية العظمى منها بوجود وحدات انبوية الشكل تتخصص في نقل الماء والذائبات تسمى الأوعية Vessels بالإضافة الى وحدات ناقلة أخرى تسمى القصصيات Tracheids. ويحتوي اللحاء على وحدات ناقلة للغذاء تسمى الأنابيب الغربالية Sieve tubes ترافقها أخرى بازنكيميائية متخصصة تسمى الخلايا المرافقة Companion cells. ومع هذا، توجد إستثناءات تركيبية في هذا الشأن

حيث تكون الأوعية غائبة في عدد من عائلات مغطاة البذور مثل Trochodendraceae و Winteraceae. وفي عدد من مغطاة البذور مثل جنس Reseda والشنار Platanus تكون المبايض مفتوحة والبويضات ليست مغلفة كلياً بجدار المبيض.

وتصنف مغطاة البذور إلى مجموعتين، ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons وذوات الفلقتين Dicotyledons وهذان المصطلحان وضعاً على أساس عدد الفلقات في أجنة كل منها. وتنفق النباتات ذوات الفلقتين في عدد أنواعها ذوات الفلقة الواحدة، فتضم الأولى حوالي ١٦٠ ألف نوع بينما الثانية حوالي ٤٠ ألف نوع. هاتان المجموعتان كل منهما متميزة عن الأخرى، ومع هذا هناك تشابه بينهما في بعض الصفات الخضرية والزهرية.

والجنين Embryo قد يكون مستقيماً في البذرة أو مقوساً بدرجات مختلفة، كبيراً أو صغيراً، مطموراً في نسيج اختزاني يسمى الاندوسبرم Endosperm أو مالئاً لفرغ البذرة. وللجنين إما فلقة واحدة طرفية أو زوج متقابل من الفلقات تكونان جانبيتين، وفي كلتا الحالتين تقوم بحماية الريشة Plumule الرقيقة في البذرة عند الانبات. ومع هذا قد توجد أحياناً فلقة ثالثة للجنين كما في الجوز Juglans أو فلقة واحدة كما في أنواع جنس Bunium والكمون Cuminum من العائلة الخيمية. وقد توجد فلقة مختزلة ثانية في أجنة بعض ذوات الفلقة الواحدة كما في جنس الكرم البري Tamus.

وتكون البذور في ذوات الفلقتين اندوسبرمية وقليلاً تكون عديمة الاندوسبرم، بينما في ذوات الفلقة الواحدة تكون اندوسبرمية باستثناء رتب عائلات معينة مثل رتبة Helobiae. وفي عائلة Scitamineae يكون الاندوسبرم ضئيلاً أو غائباً بينما يكون الريبسرم وفيراً.

ومعظم ذوات الفلقتين يكون إنبات البذور فيها هوائياً Epigeal حيث تظهر الفلقتان فوق سطح التربة، وفي حالات قليلة يكون الإنبات أرضياً Hypogeal حيث تبقى البذرة تحت سطح التربة بداخلها فلقتي الجنين تحتويان على الغذاء. وفي جنس Peperomia من العائلة الفلقية Piperaceae تبقى إحدى الفلقتين داخل البذرة تحت سطح التربة بينما تظهر الأخرى فوق السطح. وتتميز ذوات الفلقة الواحدة عادة بان إنباتها أرضياً متطابقة في ذلك مع بعض ذوات الفلقتين.

والجذير Radicle في جنين البذرة عادة ينمو مكوناً مجموعاً جلرياً وتدياً كما في كثير من ذوات الفلقتين. بينما تكون الجذور عرضية في ذوات الفلقة الواحدة نامية من قاعدة الساق.

ومن النواحي الأخرى التي يعتمد عليها في التمييز بين النباتات ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة، تركيب الورقة والتركيب الوعائي لكل من الساق والجذر. فنصل الورقة في ذوات الفلقتين ذو أشكال مختلفة، فقد يكون قلبيا *Cordate*، رجليا *Lanceol-ate* أو ملعقيا *Spatulate*. كما تتنوع حافة النصل فتكون كاملة أو مسننة أو مفصصة وغيرها. والتعريق غالبا شبكي *Reticulate* ومع هذا توجد أنواع تعريقها متوازي كما في العائلة *Epacridaceae* لاسميا جنس *Dracophyllum*. والنصل في ذوات الفلقة الواحدة، غالبا شريطي ينتهي بغمد قاعدى، حافته كاملة، وتعريقه متوازي *Parallel*. ويتسع النصل أحيانا ويصبح رمحي الشكل كما في كثير من أنواع جنس الأوركيد *Orchids*، وقد يكون النصل أكثر اتساعا ويصبح قلبى الشكل تعريقه شبكى كما في جنس *Smilax* والعائلة الفلقاسية *Araceae* والعائلة *Dioscoreaceae* تتميز بأن أوراقها بسيطة، قليلة الشكل تعريقها شبكى راحى. وأوراق نخيل جوز الهند قد يصل طولها إلى حوالي عشرة أمتار.

ويوجد فروق تشريحية في الجذور، فلذوات الفلقتين تتميز بأن أقطاب الخشب، أسامات عددها ٢-٤ بينما تكون عديدة غالبا في ذوات الفلقة الواحدة. وتفاصيل التركيب التشريحي للسيقان ذوات الفلقتين تكون متنوعة، وبعض هذه التفاصيل تتميز بها العائلات أو الأجناس. وتترتب الأنسجة الوعائية في الساق عادة اما في هيئة حزم وعائية جانبية مفتوحة يتوسطها كامبيوم *Cambium* أو ذات جانبيين حيث يوجد لحاء ابتدائي آخر داخلي، وفي ذوات الفلقة الواحدة تكون الحزم الجانبية مقفولة فلا يوجد بها كامبيوم. ويعتبر غياب الكامبيوم في الحزم الوعائية من الصفات المميزة للنباتات ذات الفلقة الواحدة.

ومن ناحية أخرى، يحدث نمو ثانوى في سيقان الأشجار والشجيرات ذوات الفلقتين وأحيانا يحدث في السيقان العشبية. الحزم الوعائية في سيقان ذوات الفلقة الواحدة تكون عادة صغيرة ومبعثرة في النسيج الأساسى كما تشاهد في القطاع العرضى، وأحيانا تكون منفصلة عن بعضها ومرتبطة في هيئة حلقة أو حلقتين، كما في بعض النجيليات تحيط بتجويف وسطى. وباستثناء بعض الحالات، لا يحدث نمو ثانوى في سيقان ذوات الفلقة الواحدة.

وبعض السيقان الخشبية مثل اليوكا *Yucca* والدراسينا *Dracaena* وأخرى غيرها يحدث نمو ثانوى نتيجة تكوين حلقة من كامبيوم خاص ينشأ عنه حزما وعائية مركزية مطمورة في نسيج ضام من خلايا بارنكيمية جذرها سميكة. تنشأ هذه الحزم خارج الحزم الوعائية الابتدائية المقفولة، وقد يستمر هذا النمو عدة سنوات.

وتتميز الغالبية العظمى من ذوات الفلقتين بوجود قنيتان Bracteoles على عنق الزهرة، بينما توجد قنبية واحدة في ذوات الفلقة الواحدة.

ومع هذا فإن أعناق أزهار كثير من أنواع العائلة الشقية Ranunculaceae توجد عليها قنبية واحدة.

والأزهار في ذوات الفلقة الواحدة كثيرا ماتكون محيطاتها الزهرية خماسية الأجزاء بينما في ذوات الفلقة الواحدة تكون ثلاثية الأجزاء أو مضاعفات.

كما تقدم، يتضح وجود كثير من نواحي التشابه بين ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة، رغم الاختلافات بينها ولهذا فإن عدد الفلقات فقط لا يمكن الاعتماد عليه كلية لتصنيف مغطاة البذور الى ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة، حيث يوجد أجناس كثيرة ذات فلقة واحدة ضمن ذوات الفلقتين، كما أن بعض ذوات الفلقة الواحدة بها فلقة ثانية صغيرة أثرية في أجناسها.

نشأة وتكوين بذور مغطاة البذور

تنشأ البذرة عن بويضة مخصبة ناضجة توجد داخل مبيض الزهرة. (شكل ١).

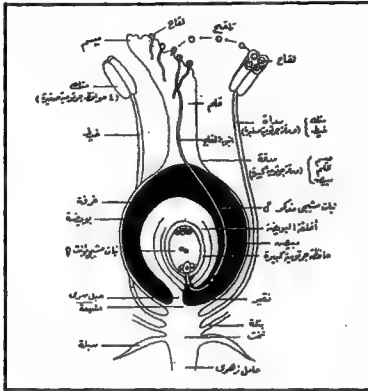
ويكون التركيب الأساسي للبذرة عادة مرتبطا بتركيب البويضة، رغم أنه قد تختفي أو تطمس بعض أجزائها، كما تتكون أحيانا، نموات إضافية. والجنين والاندوسبرم يتكونان عادة بعد الإخصاب، ويمثلان الجزء الأكبر من البذرة. وغلاف أو غالافا البويضة ينشأ عنها قصرة البذرة بعد حدوث تغيرات فيها.

والمبيض Ovary قد يحتوى بداخله على بويضة واحدة كما في الدرة Zea mays أو بضع بويضات كما في البازلاء Pisum sativum وقد يبلغ العدد بضع مئات كما في نبات الخشخاش Papaver somniferum.

تتصل البويضة بجزء متنفخ نوعا بجدار المبيض يسمى المشيمة Placenta بواسطة عنق يسمى الحبل السرى Funiculus الذي قد يكون قصيرا وسميكا، أو طويلا ورفيعا ومقوسا، وقد يكون غائبا. وقد يلتحم الحبل السرى مع غلاف البويضة من الخارج مكونا خطا بارزا يسمى الراقى Raphe.

وفي بعض الأجناس مثل Opuntia من العائلة الشوكية Cactaceae يكون الحبل السرى طويلا يحيط بالبويضة.

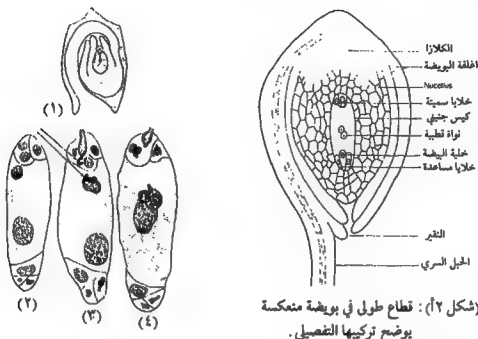
ويتركب جسم البويضة من نسيج بارنكييمي يسمى النيوسيلة Nucellus يحاط بغلاف Integument واحد كما في بعض العائلات ذوات الفلقتين مثل العائلة الصفصافية Salicaceae والخيمية Apiaceae والفلقاسية Araceae. وفي ذوات الفلقة



(شكل ١): رسم تخطيطي لقطاع طولى في زهرة.
الأجزاء موضحة بالمصطلحات العلمية على الرسم

الواحدة ومعظم ذوات الفلقين التي تكون أزهارها ذات بتلات سائبة يوجد غلافان للبويضة أحدهما خارجي والآخر داخلي. وفي بعض العائلات، مثل الفلفلية Piperaceae يوجد غلافان للبويضة في بعض الأجناس مثل جنس Piper بينما يوجد غلاف واحد في جنس Peperomia. وفي بعض الأحيان، لا يوجد غلاف للنسيلة فتصبح البويضة عارية، كما في قليل من النباتات ذات الفلقين مثل العائلة الصندلية Santalaceae وعائلة Bolanophoraceae والتي قد تختزل فيها البويضة الى كيس جنيني فقط. في بعض أجناس ذوات الفلقين يوجد غطاء خارجي لحمي سميك في هيئة غلاف ثالث يسمى Aril يمثل محوراً في بشرة الغلاف الخارجي للبويضة أو تضخمها في الكلازا Chlaza أو الجزء الطرفي للحبل السرى أو السرة. والبويضة في أنواع جنس Acacia والرمان Punica والطماطم Lycopersicon والمانوليا Magnolia تعتبر مثالا لهذا الغلاف.

وحينها يوجد غلافان للبويضة (شكل ١٢، ب)، عادة يكون الغلاف الخارجي أكثر سمكا من الداخلي ويحيط به ويمتد قليلا فوقه. وأحيانا، يبرز الغلاف الداخلي متجاوزا



(شكل ١٢): قطاع طولى في بويضة منعكسة يوضح تركيبها التفصيلى.

(شكل ٢ ب): البويضة والكيس الجنيني قبل وبعد الاخصاب
(١) الشكل العام لبويضة *Plumbago capensis*
(٢-٤) الكيس الجنيني في *Lilium martagon* قبل وبعد الاخصاب.

الخارجى كما في العائلة القشطية Anonaceae. وفي بعض النباتات ينمو غلاف البويضة نموا زائدا قد يؤدي الى غلق النقر، وفي أخرى لا يصل الى قمة النيوسيلة. ويتراوح عدد الطبقات الخلوية في غلاف البويضة بين ٢-١٠ وقد يزيد قليلا عن ذلك. وعادة يلتحم غلاف البويضة معا ومع النيوسيلة لمسافات مختلفة.

ويحيط الغلاف أو الغلافين بالنيوسيلة فيما عدا ممر ضيق يسمى النقر Micropyle. والجزء القاعدى من البويضة الذي تندمج عنده النيوسيلة في غلاف البويضة يسمى الكلازا Chalaz.

وقد يتضخم الجزء الطرفى من غلاف البويضة الخارجى الذي يعلو النقر مكونا تركيبا من خلايا بارنكيميية يسمى Obturator كما في كثير من نباتات العائلة الوردية Rosaceae مثل جنس Pyrus وجنس Prunus ربما يساعد في توجيه أنبوية اللقاح عند عملية الاخصاب.

وفي كثير من النباتات، كما في العائلة الوردية، تصبح خلايا البشرة الداخلية للغلاف الداخلى للبويضة متخصصة، تسمى الطبقة المغذية Integumentary tapetum اذا ما تحطمت النيوسيلة مبكرا، وتحيط هذه الطبقة بالكيس الجنينى Embryo sac.

وهذه الظاهرة شائعة في العائلات ملتحمة البتلات Sympetales. وقد تتركب النيوسيلة من صف واحد أو اثنين من الخلايا كما في الجنس *Lactuca* أو تكون متضخمة عديدة الطبقات كما في القطن *Gossypium* حيث يبلغ ٢٠-٢٥ طبقة. والنيوسيلة السمكية تكون عادة في البويضات ذات الغلافين. وعند قاعدة النيوسيلة، الملاصقة للكلازا، قد تصبح بعض الخلايا ذات جدر سمكية نوعا يترسب فيها مادة اللجنين مكونة منطقة عريضة دعامية تسمى Hypostase في هيئة طبق أو فنجان، يوقف النمو الطولي للجنين وكذلك الاندوسبرم تجاه قاعدة البويضة، ويقاوم الضغوط التي تتعرض لها البويضة خلال تكوين الجنين والاندوسبرم وبحول دون تدمير جزء النيوسيلة الذي يقع بينه وبين الكلازا. وقد تحدث تحورات في النيوسيلة عند التقير، حيث يبرز في التقير كما في بعض أفراد العائلة القرنفلية Caryophyllaceae وأحيانا تتجاوزه كما في جنس *Hibiscus*. وخلايا البشرة الطرفية للنيوسيلة قد تستطيل وتصبح جدرها سمكية.

وقد تمتص النيوسيلة قبل التلقيح كما في جنس *Nandina* وقد تصبح نسيجاً اختزانياً يسمى الريسبرم Perisperm بعد الإخصاب.

وأحيانا، تختزل النيوسيلة بدرجة كبيرة في هيئة صف من خلايا البشرة كما في الأوركيد، أو في هيئة فنجان من طبقة خلوية واحدة فوق الكيس الجنيني. وقد تكون النيوسيلة من صف واحد من الخلايا تحيط بها البشرة.

ويوجد للبويضة نسيج وعائي Vascular Tissue يتصل بنظيرة في المشيمة عبر الحبل السرى وينتهي في الكلازا. وقد يتفرع هذا النسيج في منطقة الكلازا تفرعات ريشية أو يتجزأ إلى بضعة أفرع، وقد تمتد بضعة أفرع في غلاف أو غلافى البويضة. وعادة يمتد النسيج الوعائي في الغلاف الخارجى للبويضة. وقد تمتد منه إلى الغلاف الداخلى.

والنسيج الوعائي في البويضة يكون ابتدائياً من النوع الجانبي والحبل السرى، بسيط التركيب. يتركب الخشب من بضعة أوعية حلزونية وحلقية التغليظ، واللحاء يكون ضئيلاً جداً أو غير موجود. وينتهي إمتداد النسيج الوعائي في غلاف البويضة لحوالى منتصفه أو قريباً من نهايته. وهذا النسيج عبارة عن حزمة وعائية واحدة، وقليل ما يتألف من حزمتين كما في الماجنوليا *Magnolia*. وأغلفة البويضات ذات الأنسجة الوعائية وجدت في عدد غير قليل من أجناس بعض العائلات الكبيرة مثل المركبة As-teraceae والبقولية Leguminosae.

وقد يكون هذا النوع من الأغلفة موجوداً في بعض أجناس عائلة مايبينا يكون غائباً في أجناس أخرى من نفس العائلة. فمثلاً، في العائلة الوردية Rosaceae توجد

الانسجة الوعائية في جنس *Prunus* فقط بينما في العائلة الشيقية *Ranunculaceae* توجد في أنواع جنس الانيمون *Anemone* و *Glaucidium*. ومن ناحية أخرى، قد توجد في بعض أنواع جنس ما بينما لا توجد في الأنواع الأخرى من نفس الجنس. وهذا النوع من البويضات نادرا ما يوجد في ذوات الفلقة الواحدة مثل النخيل *Palms*. ونادرا، توجد عناصر وعائية في النوسيلة تمثلها قصيبات *Tracheids* صغيرة ورفيعة، تكون متناثرة أو في تجمعات صغيرة كما في الكازوارينا *Casuarina*. النسيج الوعائي في البويضة عبارة عن فرع من الجهاز الوعائي للكرلة. ويوجد بداخل النوسيلة تركيب بيضى الشكل يسمى الكيس الجنيني *Embryo Sac* (شكل ١٢، ب)، يحتوي في الغالبية العظمى من مغطاة البذور على ثمانية أنوية هي:

- ١ - ثلاث أنوية عند الطرف التقيرى يحيط بكل منها بروتوبلازم، ينشأ عنها ثلاث خلايا عارية تعرف معا باسم جهاز البيضة *Egg apparatus* ويضم هذا الجهاز خلية وسطية كبيرة تسمى البيضة *Osphere* على جانبيها خليتان مساعدتان *Synergids* كل منها كمثرية الشكل تقريبا.
- ٢ - توجد نواتان في وسط الكيس الجنيني تعرفان بالنواتين القطبيتين *Polar nuclei* لالتحاط أى منهما بجدار خلوى. وعادة يتحدان معا لتكونا ما يسمى النواة الوسطية المندجة *Definitive nucleus*. وهذه النواة كبيرة لا توجد الا في مغطاة البذور، وأحيانا تسمى النواة الثانوية *Secondary nucleus*.
- ٣ - الأنوية الثلاث التي توجد عند الطرف الكلأزي، يحاط كل منها بسيتوبلازم وجدار خلوى تسمى الخلايا السمتية *Antipodal cells*. وهذه الخلايا منفصلة عن بعضها، وهى مثلثة الشكل تقريبا. وفي حالات قليلة قد يوجد أكثر من كيس جنيني كما في جنس *Carpinus*.

يتضح مما تقدم أن الكيس الجنيني الناضج يحتوي عند الإخصاب على جهاز البيضة، النواة الوسطية المندجة وثلاث خلايا سميتة. هذا النوع من الكيس الجنيني الناضج يوجد في حوائى ٧٠٪ من مغطاة البذور ويعرف بالنوع العادى *Normal* أو طراز *Polygonum*.

وتوجد طرز أخرى من الكيس الجنيني الناضج، تتباين في عدد محتوياتها الخلوية (شكل ٣) ومن هذه الطرز:

- ١ - طراز *Oenothera* ويحتوى الكيس الجنيني على أربع أنوية *four nucleate* يتميز فيها بيضة ونواتان مساعدتان ونواة قطبية واحدة.

Type	Megasporogenesis			Megagametogenesis			
	Megaspore mother cell	Division I	Division II	Division III	Division IV	Division V	Mature embryo sac
Monosporic 8-nucleate Polygonum type							
Monosporic 4-nucleate Oenothera type							
Bisporic 8-nucleate Allium type							
Tetrasporic 16-nucleate Peperomia type							
Tetrasporic 16-nucleate Poa type							
Tetrasporic 16-nucleate Dracaena type							
Tetrasporic 8-nucleate Ptilularia type							
Tetrasporic 4-nucleate Plumbagella type							
Tetrasporic 8-nucleate Plumbago type							
Tetrasporic 8-nucleate Adiantum type							

(شكل ٣): الطرز المختلفة لتكوين الكيس الجنيني في مغنطة البذور

الطريقة المعتادة لتكوين الكيس الجنيني.

(أحادية الجرثومة ثنائية النويات)

٢ — طراز Plumbagella ويحتوى الكيس الجنيني على أربع أنوية أيضا كما في طراز

Oenothera تتميز منها البيضة ونواتان وسطيتان وخلية واحدة ممتدة.

٣ — طراز Peperomia ويحتوى الكيس الجنيني على ١٦ نواة، توجد البيضة ونواة

واحدة مساعدة عند الطرف النقيري ، ٨ أنوية تمثل تجمعا وسطيا ، ٦ أنوية عند الطرف الكيلازي .

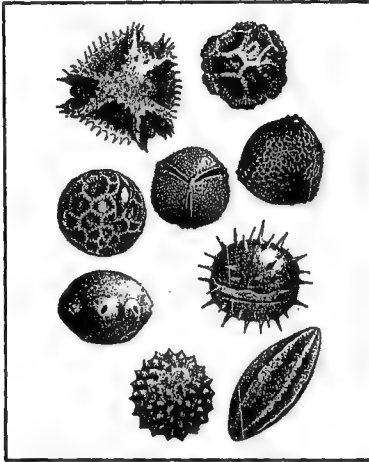
وترجع الاختلافات في هذه الطراز، وأخرى غيرها الى عدد الخلايا الجرثومية المؤنثة التي تترك في تكوين الكيس الجنيني والانقسامات التي تحدث فيها .
وجميع السطوح الخاصة بأجزاء البويضة تكسوها طبقة من الأدمة Cuticle من مادة الكيوتين Cutin . ولهذا من الممكن تمييز طبقة أدمة على السطح الخارجى لغلاف البويضة الخارجى وعلى الحبل السرى، وطبقة مزدوجة وسطى توجد بين الغلافين، وأخرى مزدوجة داخلية توجد بين الغلاف الداخلى والنوسيلة .

التلقيح

لكي تتكون البذور، لابد من حدوث عمليتين الأولى منها تسمى عملية التلقيح Pollination والثانية الاخصاب Fertilization. تتضمن عملية التلقيح انتقال حبوب اللقاح من متوك Anthers الأسدية Stamens الى مياسم Stigma الكرابل Carpels في نفس الزهرة أو أزهار أخرى . ويحدث إنتقال حبوب اللقاح بوسائل مختلفة، إما بواسطة الهواء Anemophily أو بواسطة الحشرات Entomophily وقليل ما يحدث بواسطة الطيور Ornithophily أو بالماء Hydrophily كما في بعض النباتات المائية .

وحبوب اللقاح Pollen grains صفراء اللون عادة، يتراوح قطرها بين أقل من عشرة ميكرون - ٢٠٠ ميكرون أو أكثر، وحبوب القرعيات قطرها حوالى ٢٣٠ ميكرون . وحبة اللقاح غالبا كروية الشكل أو عدسية، أو مضلعة، هرمية أو مكعبة، وقد تكون خيطية كما في جنس Najas من النباتات المائية المغمورة . وتحاط الحبة بجدارين، خارجى Exine والأخر داخل Intine. الجدار الخارجى يكون عادة مزخرفا بأشكال هندسية جميلة أو تنمو عليه أشواك دقيقة أو نتوءات متنوعة (شكل ٤) وهو مكون جامد، يتميز على سطحه مناطق رقيقة تسمى ثقبوب الانبات Germ pores ثلاث منها عادة في ذوات الفلقين، وواحد في الفلقة الواحدة. والجدار الخارجى يكون رقيقا من السليلوز. وحبوب لقاح النباتات المائية المغمورة مثل Zostera أو Najas كثيرا مايكون لها جدار واحد غير مكون .

وتتركب حبة اللقاح الناضجة من خليتين إحداهما كبيرة تسمى خلية الأنبوبة Tube cells والأخرى صغيرة عارية بدون جدار تسمى الخلية التناسلية Generative cell ترقد في جزء متميز من سيتوبلازم خلية الأنبوبة .



(شكل ٤): حبوب لقاح ذات أشكال ونقوش سطحية مختلفة

وحلية الأنثوية يحيط بها جدار حبة اللقاح، ذات نواة واضحة النوية. والحلية التناسلية تكون عادة مغزلية الشكل أو كروية أو بيضاوية أو مفصصة، ذات نوية صغير أو غائبة. في كثير من الحالات تنقسم الحلية التناسلية قبل إنتثار حبة اللقاح من المتك، فيتكون عنها مشيجتين ذكريتين وبذلك تصبح حبة اللقاح ثلاثية الأنوية - Three nuc- leate وقد يحدث هذا الانقسام حينما تنتقل الحلية التناسلية الى أنثوية اللقاح. والمشيجة الذكورية، ذات نواة محاطة بغشاء سيتوبلازمي كثيف عدسية الشكل، بيضاوية أو دودية. والمشيجتان عادة متاثلتان في الحجم.

وتنبت حبة اللقاح بعد سقوطها على سطح الميسم، وهو الجزء الطرفي من الكريلة تحور في شكله ليتوافق مع استقبال حبوب اللقاح، وتركيبه متميز يبيىء وسطا صالحا لانبات حبوب اللقاح ونمو أنثوية اللقاح من خلاله. والبشرة في الميسم تكون غدية خلاياها ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة، تكسوها طبقة أدمة رقيقة، في هيئة حلقات تفرز

سائلا ميسميا يبيىء وسطا لانبات حبة اللقاح. وقد تنشأ من خلايا البشرة شعور قصيرة أو طويلة، متفرعة أو غير متفرعة.

وحوب اللقاح التي تسقط على الميسم، تتراكم بين الخلايا البارزة أو على سطوحها حيث تلتصق بجدرها الخشنة أو بالمواد اللزجة التي تفرزها هذه الشعور.

وانبات حبوب اللقاح، بعد سقوطها على سطح الميسم، يحدث خلال فترة معينة تختلف من نوع لآخر. قد تنبت الحبة مباشرة بعد سقوطها كما في الذرة الرفيعة أو بعد مرور بضعة دقائق كما في الذرة الشامية Zea أو بعد بضع ساعات أو يومين. ويبدأ الانبات بانتفاخ حبة اللقاح نتيجة لامتناسها إفرازات سطح الميسم، ويتغير شكلها، ويمتد الجدار الداخلى من خلال ثقب انبات أو أكثر أو أخدود يوجد في الجدار الخارجى لحبة اللقاح نتيجة نموه الطرفى، ويصبح أحد هذه الثموات انبوبة اللقاح.

وأثناء نمو أنبوبة اللقاح تنتقل المحتويات البروتوبلازمية لخلية الأنبوبة أو معظمها الى الجزء الطرفى منها. وعادة، تسبق النواة الخضرية الأمشاج المذكورة في الأنبوبة وأحيانا، توجد قبلها. وأنبوبة اللقاح توجد دائما في الجزء الطرفى منها ويصبح منفصلا عن جزئها القاعدى بواسطة سدادة من مادة الكالوز Callose يقوم بتكوينها البروتوبلاست.

والجزء الطرفى من الأنبوبة يكون غنيا بالبروتينات والكربوهيدرات.

وعادة، تبقى نواة خلية الأنبوبة بدون انقسام، وقد تنقسم مكونة بضع أنوية كما في وزد النيل Eichhornia. وفي هذه الفترة تنقسم الخلية التناسلية، اذا لم تكن قد انقسمت في حبة اللقاح، الى مشيجتين ذكريتين، تشق أنبوبة اللقاح طريقها باستمرار زيادتها في الطول متجهة نحو المبيض بين خلايا سطح الميسم ثم خلال أنسجته وأنسجة القلم Style الذي يصل بين الميسم والمبيض. والطريق الذي تسلكه الأنبوبة من الميسم، يكون على امتداد سطح قناة القلم اذا كان مجوفا كما في جنس البنفسج Viola وزهرة الساعة Campanula أو عميقا في أنسجة القلم اذا كان مصمتا.

وتتبع أنبوبة اللقاح، في طريقها الى البويضة، أماكن النسيج الموصل Transmitting tissue الذي يوجد في القلم، وقد يصل إمتداده الى السطح الداخلى لجدار المبيض وحتى فوق المشيمة والحبل السرى. والنسيج الموصل يمثل وسطا غذائيا يقوم بإمداد أنبوبة اللقاح باحتياجاتها الغذائية ويوجه نموها نحو البويضة، سواء كان في القلم أو على جدار المبيض أو المشيمة أو الحبل السرى. وخلايا هذا النسيج متطاولة، غنية بالمحتويات البروتوبلازمية، وذات أنوية كبيرة. وفي كثير من النباتات مثل القرع Cucurbita والداتورا Datura يكون النسيج الموصل عديد الطبقات يكسو المشيمة، وفي أنواع معينة يوجد فوق الحبل السرى.

والقلم قد يكون مجوفاً أو مصمتاً. القلم المحجوف يحتوى على قناة واحدة أو بضع قنوات تبعا لعدد الكرابل الملتحمة التي يكون منها متاع الزهرة. هذه القنوات تبطن من الداخل بخلايا النسيج الموصل التي قد تكون حلمية Papillose. وفي منطقة القناة، تكسى خلايا النسيج الموصل من الداخل بطبقة رقيقة من الكيتين، وفي معظم مغطاة البذور يكون القلم مصمتاً، حيث يوجد النسيج الموصل في هيئة أشرطة من خلايا متطاولة غنية بالمحتويات البروتوبلازمية. هذه الخلايا قد تتصل بالمشائم في المبيض.

وفي الاقلام المجوفة، تنمو أنبوبة اللقاح بين حلقات خلايا البشرة الداخلية للنسيج الموصل التي تحيط بالقناة، وقد تنمو على السطوح الخارجية لهذه الخلايا. بينما في الاقلام المصمتة تنمو أنابيب اللقاح فيما بين خلايا هذا النسيج. وقبل أن تحترق أنابيب اللقاح خلايا النسيج الموصل تنتفخ جدر الخلايا وتصبح مخاطية ويضعف الاتصال بينها، وتغر أنابيب اللقاح خلال هذه الجدر المخاطية والتي تقوم أيضا بهضمها. ولقد أوضحت الدراسات أن أنابيب اللقاح تحتوى على إنزيمات لتحليل المركبات البكتينية في جدر خلايا النسيج الموصل، وقد يستهلك أيضا بروتوبلاست هذه الخلايا بواسطة أنابيب اللقاح، ومع هذا قد ينكمش البروتوبلاست ويموت في كثير من النباتات.

والفترة التي يستغرقها نمو أنبوبة اللقاح ابتداء من وجودها على سطح ميسم الزهرة حتى تصل إلى الكيس الجنيني تختلف أساسا تبعا لنوع النبات. وطرف الأنبوبة قد ينمو ببطء أو بسرعة، وقد يستغرق مسار الأنبوبة من سطح الميسم إلى البويضة بضع ساعات أو أيام، وقد تصل الفترة إلى شهور.

وفي نبات الشعير *Hordeum vulgare* تستغرق هذه الفترة حوالي ساعة، وفي البرسيم الحجازي *Medicago sativa* حوالي ٢٤ ساعة، وقد تصل إلى بضعة أيام أو أسابيع، أو ٣ - ٦ شهور كما في العائلة الأوركيدية *Orchidaceae* حيث يتم التلقيح في فترة لا تكون فيها البويضات قد تكتشفت بعد مما ينه المبيض ويزداد في الحجم وتنشأ المشائم ويتكون منها عديد من البويضات المنعكسة والمتزاخمة كما في جنس *Cattleya*. وفي البلوط الأسود *Quercus robur* قد تصل هذه الفترة إلى حوالي سنة، وفي عائلة شجرة التانول *Betulaceae* تبقى أنبوبة اللقاح ساكنة عدة أشهر في نسيج القلم حتى يتم تكتشف المبيض والبويضات. والفترات القصيرة تتميز بها أزهار النباتات الحولية وتراوح عادة بين ١٥-٤٥ دقيقة. ومتوسط استطالة أنبوبة اللقاح يبلغ حوالي ٣٤ ملليمتر في الساعة. وسرعة استطالة أنبوبة اللقاح تتأثر بالعوامل البيئية المحيطة لاسيما درجتي الحرارة والرطوبة، كما تتأثر أيضا بمدى التوافق الفسيولوجي بين الانبوبة والمتاع. وإذا احتوى

المبيض على بويضة واحدة، كانت أنبوبة لقاح واحدة كافية للأخصاب، أما إذا زاد عدد البويضات فإن أنبوبة واحدة تكون كافية لكل بويضة. وقد تتكون أكثر من أنبوبة لقاح، ومع هذا لا يصل الكيس الجنيني، عادة، إلا أنبوبة واحدة.

FERTILIZATION

الإخصاب

أهم ظاهرة في التكاثر الجنسي، هي اتحاد البويضة Osphere في الكيس الجنيني مع المشيعة المذكرة. وهذه العملية تسمى الإخصاب. تتميز النباتات مغطاة البذور بأن الكيس الجنيني في البويضة يحتوي في الغالبية العظمى منها، على ثنائي أنبوبة وفي حالات أخرى يحتوي على أربع أنبوبة أو ١٦ نواة. وفي الغالبية العظمى من مغطاة البذور، تدخل أنبوبة اللقاح إلى البويضة عن طريق النقر Porogamic وفي بعض النباتات كما في الجوز Juglans والكازوارينا Casuarina تدخل عن طريق الكللازا Chalazogamy بعد أن تعبر النسيج الموصل بجدار المبيض ومنه إلى المشيمة والحبل السرى. وعندما تمر أنبوبة اللقاح من النقر، تصل إلى قمة النيوسيلة، أما إذا كانت النيوسيلة قد امتصت، فإنها تصبح ملاصقة لقمة الكيس الجنيني، قريبة من جهاز البويضة. وتدخل أنبوبة اللقاح إلى الكيس الجنيني، بعد أن يمتص طرفه، وقد تحطم في طريقها إحدى الخليتين المساعدتين، وفي النهاية ينفجر طرفها، وتطلق المشيجتان في سيتوبلازم الكيس الجنيني. في عدد من العائلات، مثل الوردية Rosaceae يستطيل الكيس الجنيني ويعبر قناة النقر ليلتقى بأنبوبة اللقاح في تجويف المبيض، وفي جنس الصفصاف Salix يخترق جهاز البويضة النيوسيلة حتى يصل إلى النقر، وقد تخترق النواتان المساعدتان جدار الكيس الجنيني لتتبع طريقاً لدخول أنبوبة اللقاح.

ويحدث الإخصاب عقب تحرر المشيجتان الذكريتان في سيتوبلازم الكيس الجنيني (شكل ٢ب). تتحد إحدى المشيجتين مع البويضة فتتكون اللاهضة Zygote بينما تتحد الثانية مع النواتين القطبيتين إذا لم تكن قد اتحدتا من قبل، أو تتحد مع النواة الوسطية المنسجمة، إذا كانت هاتان النواتان قد اتحدتا من قبل كما في كثير من العائلات مثل الزنبقية Liliaceae والمركبة Asteraceae والباذنجانية Solanaceae. ويتكون عن هذا الاتحاد الأخير تكوين نواة الاندوسبرم Endosperm nucleus.

وينشأ عن الزيجوت جنين البذرة، بينما نواة الاندوسبرم ينشأ عنها نسيج الاندوسبرم. واتحاد المشيعة الذكرية الأولى بالبويضة والآخرى بالنواة الوسطية المنسجمة يطلق عليهما معا عملية الإخصاب المزدوج Double Fertilization ولقد اكتشفت هذه العملية التي لا تحدث إلا في مغطاة البذور بواسطة Nawashin في عام ١٨٩٨.

تكشف الجنين

بعد إنتهاء عملية الإخصاب تحدث تغيرات مختلفة داخل الكيس الجنيني ، حيث تأخذ اللاقحة في التكشف إلى جنين ، ونواة الاندوسبرم ينتج عنها نسيج الاندوسبرم . وتنشأ البذرة عن البويضة المخصبة ، كما تتكون الثمرة عن المبيض .

ويؤدى عدم نجاح عملية التلقيح الى جفاف الكرابل وسقوطها وبالتالي الى عدم تكون البذور والثمار . ويبدو أن الأوكسينات Auxins في حبوب اللقاح وأنايبها تكون كافية لتكوين الثمار بعد التلقيح والاختصاص .

ولقد أوضحت الدراسة أن الاندوسبرم ، في عدد من العائلات ملتحمة البتلات تنشأ عن مصصات *Haustoria* تنفذ خارج الكيس الجنيني بحثا عن الغذاء لامداد الجنين المتكون عن اللاقحة بالغذاء ، وقد يصل امتدادها حتى غلاف البويضة أو الحبل السرى والمشيمة . وفي كثير من هذه الحالات ، يوجد نسيج غذائي خاص في منطقة الكلازا بالبويضة تتصل به هذه المصصات . وفي بعض انواع العائلة البشنية Nymphaeaceae تنقسم نواة الاندوسبرم الى نواتين بجدار عرضى يقسم الكيس الجنيني الى جزئين ، الجزء العلوى ينشأ عنه نسيج الاندوسبرم بينما السفلى ينشأ عنه محص أنبوى طويل يصل الى الطرف الكلازى ويقوم بامتصاص الغذاء للجنين المتكشف .

ومن المعروف أن الخلايا السمتية Antipodal Cells ليس لها دور في التطورات التي تحدث في الكيس الجنيني بعد الاختصاص ، ومع هذا قد تبقى وتزداد في الحجم وتقوم بنشاط فسيولوجى لامداد الجنين المتكشف بالغذاء . فمثلا ، في بعض أجناس عائلة نبات البن Rubiaceae تزداد واحدة من الخلايا السمتية الثلاث في الحجم بدرجة كبيرة ، ويغوص طرفها في الكتلة البروتوبلازمية الناتجة عن تحلل الخلايا الجرثومية الكبيرة الحاملة كعضو ماص يشبه المصصات الاندوسبرمية . وتزداد أهمية الخلايا السمتية بعد الاختصاص في العائلة المركبة ، فمثلا في جنس *Aster* يتزايد عدد الخلايا السمتية الى حوالى ١٣ خلية ، عديلة الأنوية ، تنمو منها واحدة أو أكثر في هيئة محص يحصل على الغذاء من النسيج الموصل المتصل بالنسيج الوعائى . وبالإضافة الى هذه الوظيفة الامتصاصية للخلايا السمتية ، في عدد من أجناس العائلة الفلقاسية Araceae وعدد من النجيليات ، مثل الذرة الشامية ، ينشأ عن انقسامات الخلايا السمتية في الجزء القاعدى من الكيس الجنيني ، نسيج اختزانى تمتلئ خلاياه بالنشا يقوم بامداد الجنين المتكشف باحتياجاته من الغذاء .

ويحدث تنوع واضح في تفاصيل تكشف الجنين من اللاقحة في مغطاة البذور .

وفي حالات قليلة، كما في العائلة القلقاسية مثل جنس الزقيم *Pistia* وفي العائلة البشينية *Nymphaeaceae* مثل جنس *Nelumbo* تنقسم اللاقحة، في أول الأمر، بجدار عرضي، تعقبه إنقسامات متتالية ينتج عنها كتلة كروية من الخلايا لا يتميز فيها أى جزء من أجزاء الجنين، ويحدث هذا التمييز في مرحلة متأخرة. وفي جنس *Orchid* تنقسم اللاقحة بضعة إنقسامات لتكون كتلة كروية غير متميزة الأجزاء. وفي جنس سن الكلب *Arythronium* من العائلة الزنبقية *Liliaceae* وأجناس أخرى منها، ينشأ عن اللاقحة كتلة نسيجية يتكشف عليها بضعة أجنة.

وتوجد حالات معينة ظهر فيها أن أى خلية من خلايا الكيس الجنيني قد ينشأ عنها جنين مثل الخلايا المساعدة *Synergids Cells* وأيضاً من الخلايا السميتية كما في جنس البصل *Allium* وقد ينشأ الجنين أيضاً من الخلية المساعدة في جنس *Euphorbia* ولقد أوضحت الدراسة أيضاً أنه في جنس الصندل الأبيض *Santalum* توجد خلية بيضة ثانية في الكيس الجنيني تمثل صفة دائمة في هذا الجنس وفي نبات *Balanophora elongata* ينشأ الجنين من إحدى خلايا الاندوسبرم التي تتكون من الخلية القطبية العليا فقط بينما يتحطم جهاز البيضة.

هذه الحالات السابقة، وأخرى غيرها، تعتبر شاذة ولا يمكن الاعتماد عليها في تحديد الصفات المورفولوجية الحقيقية.

ويوجد تنوع واضح في تفاصيل تكشف الجنين من اللاقحة يختلف من جنس إلى آخر. واللاقحة تكون محاطة بجدار رقيق، تبقى في كثير من مغطاة البذور ساكنة بدون انقسام لفترة تختلف من جنس إلى آخر. فتبلغ هذه الفترة بضع ساعات، مثلاً، في الأرز *Oryza* والخس *Lactuca* أو يوما كما في البرسيم الحجازي *Medicago* والقطن *Gossypium* وقد تصل إلى يومين كما في الطماطم *Lycopersicon*.

وفي الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور، تنقسم اللاقحة نووياً وخلوياً بجدار عرضي فتتأبج بداية جنين يتركب من خليتين، أحدهما جهة الجزء الأوسط من الكيس الجنيني تسمى الخلية الطرفية *Terminal Cell* أو خلية الجنين *Embryo Cell* والآخرى جهة الطرف النقيري *Mycophylar End* تسمى الخلية القاعدية *Basal Cell* أو خلية المعلق *Suspensor Cell* ونادراً، تنقسم اللاقحة بجدار طولي كما في العائلة الفلفلية *Piperaceae*.

وبعد الانقسام الأول لللاقحة، تحدث اختلافات في مراحل الكشف التالية. وغالباً، تنقسم كل من الخلية الطرفية (خلية الجنين) والخلية القاعدية (خلية المعلق) بجدار عرضي كما في القمح *Triticum* والطماطم *Lycopersicon* والكتان *Linum*

والبنجر Beta فينشأ جنين خيطى الشكل يتركب من صف طولى من أربع خلايا. وفي حالات أخرى، تنقسم الخلية الطرفية رأسياً، بينما القاعدية تنقسم عرضياً كما في البصل Allium والخمس Lactuca وتبعاً لذلك، ينشأ جنين أولى على شكل حرف T مقلوبة. وفي حالات أخرى، كما في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae تبقى الخلية القاعدية بدون انقسام وتزداد في الحجم لينشأ عنها تركيب يسمى المعلق Suspensor، يختلف في الشكل والحجم والمنشأ باختلاف العائلة النباتية. وقد تختلف في نفس العائلة كما في Orchid. ويتراوح تركيب المعلق فيما بين خلية واحدة كبيرة الحجم Filamentous suspensor ويضع خلايا عندما يكون خيطياً Unicellular suspensor ربيعاً كما في عائلة نبات البن Rubiaceae. وقد يكون المعلق متضخماً Massive عديد الخلايا كما في الذرة الشامية Zea والبالزاء Pisum وأبو خنجر Tropaeolum. بالإضافة إلى التباين السابق في صور المعلق، فإنه في العائلة الأوركيدية Orchidaceae ينشأ في المعلق محصات جانبية تخرق النيويسيلة وأغلفة البويضة لامتصاص غذاء الجنين، وقد تكون المحصات طويلة تمر من النقيير وتصل إلى المشيمة لتحصل منها على الغذاء اللازم للجنين. وفي نبات Dicraea تنسع الخلية القاعدية للمعلق وينشأ عنها عدة أفرع محاصية تنمو بين غلافى البويضة، وأحياناً تستطيل خلايا المعلق القاعدية وتصبح منتفخة بدرجة كبيرة كما في الفاصوليا Phaseolus وهذه الخلايا الكبيرة Giant Cells يوجد بها بلاستيدات غير ملونة ذات أشكال متنوعة.

وفي جنس Erythrina يكون المعلق طويلاً مغزلي الشكل، قد تنفصل بعض خلاياه وتبقى في الطرف النقيري للكيس الجنيني. وربما يكون أطول معلق في مغطاة البذور موجوداً في العائلة Loranthaceae. ويبلغ طول المعلق في Tropaeolum عدة ملليمترات.

ومن الملاحظ أن بعض أجناس العائلة الأوركيدية مثل Epipactis تخلو من المعلق، بينما يوجد في أجناس أخرى فضلاً عن تنوع تركيبه. ولا يوجد المعلق في العائلة القلقاسية Araceae والطلحجة Mimosaceae ومحصات المعلق توجد عادة في بعض العائلات مثل الشطرنجية Fumariaceae وعائلة أبو خنجر Tropaeolaceae والفراشية Fabaceae والعائلة Trapaceae. وهذه المحصات Haustoria تتكون حيث يكون الاندوسperm مختزلاً أو غير موجود كلياً.

ولقد أوضحت الدراسات الحديثة أن وظيفة المعلق لا تتركز فقط في دفع الجنين داخل الاندوسperm، وإنما اتضح أن خلاياه تقوم بتكوين المواد الغذائية ومواد النمو التي تساعد الجنين في التكشف. وربما يكون هناك انتقال للهرمونات من المعلق إلى الجنين التكشف، الأمر الذي يجعل من الممكن اشتراكها في عمليات تكشف الجنين. وخلافاً

المعلق ذات صفات تشبه صفات الخلايا الافرازية . وتحتوى خلايا المعلق على سيتوبلازم كثيف ومقدار غير قليل من الشبكة الاندوبلازمية ، كما تحتوى أيضا على الديكتيوسومات والريبوسومات والعديد من الميتوكوندريا المرتبطة بامداد الخلايا بالطاقة اللازمة لامتصاص الذائبات ونقلها الى الجنين .

وهذا الامداد الغذائي يساعد في نقله خيوط البلازموديزماتا Plasmodesmata التي توجد في الجدر بين خلايا المعلق . ولا توجد روابط بلازمية بين خلايا المعلق وخلايا الاندوسبرم المحيطة . بينما يمتد في جدر خلايا المعلق الملاصقة للجنين روابط بلازمية كثيرة . ويدرأ المعلق ، في معظم الحالات ، ينمو بسرعة عندما يتنقل الجنين من المرحلة الكروية Globular الى الشكل القلبي Heart Shaped ويأخذ في الانحلال ويتلاشى مع نضج الجنين .

وتتميز مغطاة البذور بأن الجنين فيها ينشأ من الخلية الطرفية والخلايا الناتجة عن انقساماتها المتتالية الطولية والمحيطية والقطرية ، وقد تشارك معها الخلية القاعدية في تكوينه كما في معظم نباتات العائلة المركبة Asteraceae . وفي بعض النباتات تشارك الخلية القاعدية بمقدار ضئيل في تكوين الجنين ، وفي أخرى لاتشارك اطلاقا في تكوينه . ففي البازلاء *Pisum sativum* مثلا ، يتكشف الجنين عن النسل الناتج من انقسامات الخلية الطرفية للجنين رباعي الخلايا وبذلك لاتشارك الخلية القاعدية في تكوينه ، بينما في البنجر *Beta vulgaris* فإن الجنين ينشأ عن انقسامات الثلاث خلايا الطرفية للجنين رباعي الخلايا ، وبذلك تشارك إحدى الخليتين الناتجتين عن انقسام الخلية القاعدية في تكوينه ، والخلية الأخرى ينشأ عنها المعلق . في العائلة الباذنجانية Solanaceae والقرنفلية Caryophyllaceae ينشأ الجنين عن الخلية الطرفية فقط بينما القاعدية ينشأ عنها المعلق .

والطرار الذي يمكن اعتباره ، عادة ، نموذجيا في تكشف الجنين في ذوات الفلقة الواحدة يتضمن تكوين الجنين من الخلية الطرفية الناتجة عن الانقسام الأول للاقحة بينما القاعدية فانها لاتنقسم وينشأ عنها المعلق ، والخلية الطرفية تنقسم الى خليتين ، القمية منها تنقسم عدة انقسامات متنوعة وتنشأ عنها الفلقة . والخلية الوسطى أى الثانية ، نتيجة لانقساماتها ينشأ عنها قمة الساق ، وهي جانبية ، والسويقة تحت الفلقة وطرف الجذر . بينما الخلية القاعدية ينشأ عنها المعلق .

والطرار الذي يمكن اعتباره ، عادة ، نموذجيا في تكشف جنين في ذوات الفلقتين يتضح فيه انقسام الاقحة عرضيا الى خليتين . الخلية القمية الناتجة عن انقسام الاقحة تنقسم عرضيا كما في ذوات الفلقة الواحدة .

والجزء الأكبر من الجنين الذي يتألف من قمة الساق ، وهي طرفية ، عبارة عن زوج

من الفلقات جانبيتان؛ السويقة السفلى، وأنسجة الجذر الداخلية تنشأ جميعها من الخلية القمية. بينما الخلية الوسطى تنشأ عنها صف واحد من الخلايا تكون متصلة بخلية المعلق (الخلية القاعدية).

والخلية السفلى لهذا الصف الملاصقة للجنين والتي تسمى Hypophysis تنشأ عنها الجزء الطرفي من الجذر.

والجنين الأولي Proembryo ينشأ عادة من انقسامات تحدث في الخلية القمية، أو في هذه الخلية والأخرى تحت القمية Sub-apical. وباستمرار الانقسامات في مستويات مختلفة ينشأ تركيب عديد الخلايا يختلف شكله من جنس إلى آخر، فقد يكون بيضاويا أو بيضاويا مقلوبا، وقد يكون كمثرى Pyriform منبسطا، أو عاموديا، وكثيرا ما يقي المعلق كتركيب أثري.

وقد يحدث تكشف أجزاء الجنين، محور الجنين والفلقة أو الفلقتين، مباشرة باستمرار النمو، أو تحدث فترة يتوقف النمو خلالها قبل استكمال تكوين الجنين.

كما سبق يتضح تشابه المراحل الأولى التالية لطور الجنين رباعي الخلايا في كل من ذوات الفلقة وذوات الفلقتين، أما فيما بعد ذلك، فإن كل منها يختلف عن الآخر. والأمر الهام الذي يلاحظ في تكشف الجنين في ذوات الفلقة الواحدة هو أن الريشة تكون جانبية بينما الفلقة طرفية، في حين تكون الفلقتان جانبيتان في ذوات الفلقتين أما الريشة فتكون طرفية.

وفي عدد من العائلات مغطاة البذور، مثل بعض أجناس العائلة الشفوية Ranunculaceae والخشخاشية Papaveraceae والخيمية Apiaceae والأوركيدية Orchidaceae تكون أجنة البذور غير مكتملة التكوين فيها فلا يتعدى كونها تركيبا أوليا من كتلة خلوية لا يتميز فيها أي جزء من جسم الجنين، ولهذا تسمى الأجنة البدائية Redumens.
tary embryos

وهذه البذور تستكمل تكوين أجنحتها، بعد نضجها، خلال فترة تتراوح بين بضعة أيام أو أسابيع أو شهور وقد تصل إلى سنة. ولا تكون البذور ناضجة مورفولوجيا إلا إذا كان الجنين مكتمل التكوين وقادرا على تكوين بادرة. هذه الفترة تسمى فترة ما بعد النضج After-ripening. واستكمال تركيب الجنين في البذرة بعد نثرها، ليس مرتبطا بنوع التربة، وإنما بوجود الماء وامتصاصه، ووجود أو غياب الضوء، وقد يتأثر أيضا بانخفاض درجة الحرارة. ويدور كثير من النباتات المائية تتطلب الغمر الدائم في الماء. وتستمر بذور بعض الأنواع في استكمال أجنحتها بدون فترة توقف، وغيرها يظل الجنين ساكنا لفترة

قبل أن يعاود استكمال أجزائه . من الأمثلة على ذلك نبات *Fumaria* الذي يظل الجنين فيه ساكنا ثنائية أيام ، ونبات *Clematis* يظل الجنين ساكنا أكثر من أسبوعين ، أما لسان العصفور *Fraxinum* وجوز الهند *Cocos* فإن الجنين يحتاج الى أربع شهور ، ويحتاج الـ *Crocus* ستة شهور ، بينما يحتاج الـ *Corydalis* عشرة شهور ، والـ *Trillium* حوالى سنة . وخلال هذه الفترة يزداد حجم الجنين وتستكمل أجزاؤه .

تكوين الاندوسبرم والبريسبرم

الفترة بين التلقيح والإخصاب في مغطاة البذور تتفاوت بدرجة كبيرة بين أنواع النباتات ، وتتراوح بين أقل من ساعة كما في الشعير *Hordeum* وتصل الى حوالى سنة كما في البلوط *Quercus* .

وعقب الإخصاب ، عادة قبل انقسام اللقحة في الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور ، تبدأ نواة الاندوسبرم الناتجة عن النباتين الأبوين ، إذا كان التلقيح خلطيا ، أو من نفس النبات اذا كان التلقيح ذاتيا ، في الانقسام الخلوى . وفي معظم النباتات ، يكون الاندوسبرم متميزا قبل أن يبدأ الجنين في التكشف . وعادة تتكون نواة الاندوسبرم نتيجة لاتحاد ثلاثى Triple Fusion بين النواتين القطبيتين ، أو ناتج اتحادهما ، ونواة المشيعة المذكورة الثانية . نواة الاندوسبرم تأخذ في الانقسام السريع لتكوين نسيج الاندوسبرم *Endosperm* وهو النسيج الاختزانى الذي يمد الجنين باحتياجاته اللازمة لتكشفه . وقد يستهلك الاندوسبرم خلال مراحل تكشف الجنين فتصبح البذرة خالية منه تماما كما في العائلة المركبة *Asteraceae* والبقولية *Leguminosae* والقرعية *Cucurbitaceae* فسمى البنور في هذه الحالة البنور عديمة الاندوسبرم *Non-Endospermic Seeds* ، وفي بعض الأنواع يكون الاندوسبرم شحيحا أو مختزلا بدرجة كبيرة كما في العائلة الصفصافية *Salicaceae* وعائلة شجرة الشمع *Myricaceae* حيث يكون الجنين محاطا بطبقة من صف واحد من الخلايا تحوى على زيت وبروتينات .

وفي بعض البنور عديمة الاندوسبرم يكون الجنين فيها غير متميز الأجزاء كما في بعض النباتات المتطفلة مثل الهالوك *Orobanchae* والحامول *Cuscuta* وبعض النباتات الرمية مثل *Monotropa* من العائلة *Pyrolaceae* وهى إحدى عائلات ذوات الفلقتين . وكثير من البنور يتبقى فيها جزء كبير من الاندوسبرم بعد نضج البذرة ، يستفاد منه في امداد الجنين بالغذاء اللازم لتكوين البادرة كما في العائلة النجيلية *Poaceae* والنخيلية *Arecaceae* والبالذنجانية *Solanaceae* والزنبقية *Liliaceae* .

وتسمى مثل هذه البنور بالبنور الاندوسبرمية *Endospermic seeds* . وخلايا

الاندوسبرم تحتوى على مواد متنوعة مخزونة مثل النشا والبروتينات، أو الهيميسيليلوزات Hemicelluloses. ويتنوع مقدار الاندوسبرم في البذرة بالنسبة الى بقية أجزائها لاسيما الجنين.

والاندوسبرم في الغالبية العظمى من مغطاة البذور، أنوية خلاياه ثلاثية المجموعة الكروموسومية Triploid وينشأ في الكيس الجنينى. وقليلًا تكون الأنوية زوجية المجموعة الكروموسومية Diploid وإذا وجدت نواة قطبية واحدة في الكيس الجنينى، تتحد مع المشيعة المذكرة الثانية لتكوين نواة الاندوسبرم. وفي بعض الأنواع، تتكون عدد أنوية قطبية خلال مراحل تكشف الكيس الجنينى تتحد جميعها مع المشيعة المذكرة لتكوين نواة الاندوسبرم والتي تصبح حينئذ عديدة المجموعات الكروموسومية Polyploid.

وقد يحدث تنوع في تركيب خلايا الاندوسبرم لاسيما السطحية منه، وقد تتنوع في وظائفها عن الداخلية. فمثلا، طبقة الأليرون Aleurone Layer التي تغلف اندوسبرم حبسب الغلال Cereals مثل الذرة Zea والقمح Triticum تكون خلاياها حية، أكبر حجما من بقية خلايا الاندوسبرم وتمتلئ بحبيبات الأليرون Aleurone grains بينما بقية خلايا الاندوسبرم تمتلئ تقريبا بحبيبات النشا. وفي بعض العائلات، مثل القرنفلية Caryophyllaceae والحماضية Polygonaceae وهما من ذوات الفلقتين، والسعدية Cyperaceae والنجيلية Poaceae وهما من ذوات الفلقة الواحدة تكون خلايا الاندوسبرم غير حية، باستثناء طبقة الأليرون. بينما خلايا اندوسبرم بذور الخروع Ricinus والجزر Daucus تكون حية.

وقليلًا تتكون فصوص في الكيس الجنينى، تحتوى على أنوية حرة، قد تنمو هذه الفصوص مكونة محصات تزود الكيس الجنينى والجنين بالمواد الغذائية. وتوجد تغيرات أخرى تحدث في شكل وتركيب الكيس الجنينى خلال تكشف نسيج الاندوسبرم. وخلايا الاندوسبرم بارنكيميية خازنة للغذاء لاتوجد بينها مسافات بينية، وغالبا ذات جدر رقيقة. في بعض أنواع النباتات، مثل البصل Allium والجوز المقى Strychnos nux vomica وكشك ألماظ Asparagus تكون جدر خلايا الاندوسبرم سمكية تتركب أساسيا من الهيميسيليلوزات، وفي البلخ Phoenix تكون هذه الجدر زائدة السمك لدرجة يصبح معها تحوير الخلية ضيقا جدا. وفي بعض الحشائش، لاتوجد جدر خلوية في الاندوسبرم، ويكون قوامه عجينا زيتيا.

طرز الاندوسبرم

أدى التنوع في طريقة تكوين الاندوسبرم في مراحل الأولى، إلى تكوين طرز مختلفة

منه . ويوجد طرازان شائعان من الاندوسبرم في مغطاة البذور هما الاندوسبرم الخلوى والاندوسبرم غير الخلوى أو النووى (شكل ٥) .

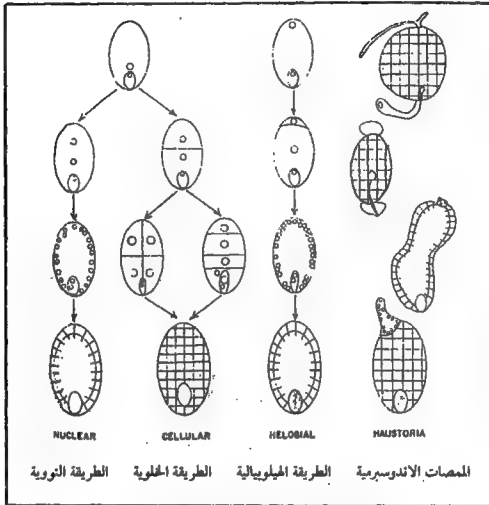
والاندوسبرم الخلوى Cellular Endosperm يتميز بأن الانقسام الأول لنسوة الاندوسبرم، والانقسامات التالية للأنوية الناتجة يكون متبوعا بتكوين جدر خلوية بعد كل انقسام نووى مباشرة، الأمر الذي يجعل هذا الطراز خلويا منذ نشأته .

والاندوسبرم غير الخلوى Non-Cellular Endosperm يتميز بأن نواة الاندوسبرم فيه تنقسم دون تكوين جدر خلوية، سواء في الانقسام الأول أو الانقسامات التالية . الجدر الخلوية حول الأنوية الناتجة تنشأ في مرحلة متأخرة ابتداء من المنطقة البيطنة لجدار الكيس الجنينى، ويمتد تكوين الجدر نحو الجزء الأوسط من الكيس الجنينى والذي يظل خاليا من الاندوسبرم كما في بذور نبات جوز الهند *Cocos nucifera* حيث يمثل بعضه سكرى الطعم . وتبعاً لم تقدم ، فإن هذا الطراز من الاندوسبرم يكون خلويا عند نضجه .

ويوجد طراز آخر من الاندوسبرم يسمى الاندوسبرم الهلوبي Helobial Endosperm (شكل ٥) نظراً لأنه شائع الوجود في الرتبة الهلوبية Helobiales وهي من النباتات ذات الفلقة الواحدة، تضم سبع عائلات، نباتاتها مائية والجنين في البذور كبير، ذى سويقة تحت فلقية متضخمة يخزن فيها غذاء الجنين . هذا الطراز يمكن اعتباره وسطاً بين الاندوسبرم الخلوى وغير الخلوى . والانقسام الأول لنواة الاندوسبرم يعقبه تكوين جدار عرضى يقسم الكيس الجنينى الى جزئين يكون الاندوسبرم في أحدهما، جهة الكلازا، خلويا، بينما الآخر، جهة النفر، يكون نوويا . وهذا الاندوسبرم يستهلكه الجنين خلال مراحل تكشفه، وبذلك تصبح البذرة عديمة الاندوسبرم . فمثلاً، في جنس سلق الماء *Potamogeton* وجنس *Najas* يتركب الجنين من سويقة سفلى متضخمة، وجذير وفلقة تحيط قاعدتها بالريشة، وبذلك يخزن غذاء الجنين في هذه السويقة .

ويوجد طراز رابع من الاندوسبرم يسمى Rumenate Endosperm يوجد في عدد قليل من العائلات مثل القشطية *Annonaceae* وعائلة نبات البن *Rubiaceae* وبعض النخيلية *Arecaceae* . حيث يتميز هذا الاندوسبرم بوجود بروزات وأخاديد غير عميقة نتيجة لتعرجات أو انتشاءات فيه، ربما نشأت عن نسيج التيسيلية أو غلاف البويضة أو نتيجة لامتداد الاندوسبرم في صورة أخاديد حتى غلاف البويضة .

والبذور الاندوسبرمية شائعة في عائلات النباتات ذات الفلقة الواحدة بدرجة أكبر منها في ذوات الفلقتين . وتتفاوت طبيعة الاندوسبرم في البذور، فقد يكون طريا، عجينيا أو دقيقيا، أو جامدا قرنيا خلاياه سميكة الجدر .



(شكل ٥): الطرق المختلفة لتكوين الاندوسبرم

Types of Endosperm Foundation

PERISPERM

البريسبرم

وهو نسيج اختزاني ينشأ خارج الكيس الجنيني من النيوسيلة أو أغلفة البويضة أو كليهما معا. وقد يتربك البريسبرم من طبقة خلوية واحدة، أو كتلة خلوية تحيط بالجنين، وأحيانا تحيط بالجنين وماحوله من اندوسبرم. والبريسبرم غير شائع الوجود في مغطاة البذور، ومع هذا يمثل صفة هامة لبذور بعض العائلات النباتية من ذوات الفلقتين، مثل القرنفلية Caryophyllaceae والرمرامية Chenopodiaceae والحماضية Polygonaceae. والبذور التي يوجد بها البريسبرم كنسيج اختزاني رئيسي تسمى البذور البريسبرمية Perispermic seeds. وفي بعض النباتات مثل الفلفل الأسود Piper nigrum والبشنيين Nymphaea والجبهان Eleteria cardamomum يوجد الاندوسبرم محاطا

بالبريسبرم الناتج عن النيوسيلة، بينما في بذور بنجر السكر *Beta vulgaris* البريسبرم يمثل النسيج الاختزاني الرئيسى بينما الاندوسبرم يكون في هيئة طبقة واحدة تحيط بالسويقة تحت الفلقية في الجنين .

وفي بعض العائلات مثل الموزية *Musaceae* والفلفلية *Piperaceae* يوجد الاندوسبرم والبريسبرم معا في البذرة، بينما في حالات قليلة جدا يوجد البريسبرم فقط بدون الاندوسبرم، كما في بذور نبات حبة البركة *Nigella sativa* والقرنفل *Dianthus*.

والبريسبرم الناتج عن النيوسيلة *Nucellar Perisperm* غير شائع في مغطاة البذور، ويعتبر من الصفات المميزة للعائلة الفلفلية *Piperaceae*، حيث أن هذه الاغلفة تعبر مناطق لتخزين غذاء الجنين. ويعتبر البريسبرم نسيجا اختزانيا اضافية للاندوسبرم الذي يقرر بنقل الغذاء من البريسبرم الى الجنين خلال مراحل نضج البذرة، ومرحلة ما بعد النضج، عند الانبات لتكوين البادرة.

وتركب البريسبرم من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر ممتلئة بالنشا كما في بذور الحبهان *Elettaria* والفلفل الأسود *Piper* بينما في بذرة الخسوع *Ricinus* يكون في هيئة غشاء رقيق يحيط بالاندوسبرم يسمى الشفاف *Tegmen*.

يتضح مما تقدم أن كلا من الجنين والبادرة يتغذيان خلال مراحل تكشفها من أنسجة اختزانية تنشأ عن البويضة، وليس مباشرة من النبات الأم.

وإذا لم يوجد الاندوسبرم أو البريسبرم، فإن غذاء الجنين اللازم له عند الانبات لتكوين بادرة، يكون مخزنا في الفلقات كما في الفاصوليا *Phaseolus* والخس *Lactuca* أو في السويقة تحت الفلقية كما في بذور نبات مزمار الراعى *Alisma plantago* ولسق الماء *Potamogeton*، وفي بعض الأنواع، مثل الأوركيد *Orchid* يكون الاندوسبرم ضئيلا جدا أو غائبا. وهذه حالة خاصة في تركيب البذرة، حيث يكون الجنين غير متميز الأجزاء ومحاطا بقصرة يمثلها غشاء رقيق.

التعدد الجنيني

POLYEMBRYONY

يقصد بالتعدد الجنيني تكشف أكثر من جنين واحد في البويضة الواحدة. والتعدد الجنيني قد يكون شائعا في بعض الأنواع بينما يندر وجوده في أنواع أخرى، وقد يكون ظاهرة عادية كما في جنس الموالح *Citrus* حيث يوجد في كل بذرة تقريبا في بعض أنواعه، وأسباب التعدد الجنيني معقدة، وفيما يلي أمثلة لبعض حالاته في مغطاة البذور:

١ - التعدد الجنيني الانشقاقي *Cleavage Polyembryony* حيث تنشق اللاقحة أو الجنين الصغير طويلا الى جزئين أو أكثر وتكشف كل جزء الى جنين متماثل تركيبيا

وراثيا مع غيره، كما في جنس الأوركيد Orchids. وانشقاق اللقحة يعتبر أمرا نادرا .

٢ - تكوين أجنة إضافية بجانب الجنين المتكون عن اللقحة، من احدى خلايا الكيس الجنيني مثل الخلية المساعدة كما في البصل Allium والايريس Iris أو من الخلايا السمتية كما في البصل Allium. وفي جنس العنجد Euphorbia من العائلة السوسية Euphorbiaceae توجد بضعة أجنة ناشئة عن الخلايا السمتية والمساعدة.

٣ - قد تحتوي البويضة على كيسين جنينين كما في بعض أنواع جنس حورة Alnus ينتج عن البويضة في كل من الكيسين جنينا واحدا.

٤ - في بعض الأحيان، يحدث التعدد الجنيني نتيجة لتكوين أجنة إضافية من احدى خلايا النيوسيلة أو غلاف البويضة كما في الموالح Citrus والمانجو Mangifera ، والأجنة المتكونة عن النيوسيلة أكثر شيوعا عن الاخرى المتكونة عن غلاف البويضة، ويوجدان في عدد من ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة.

٥ - في بعض أجناس العائلة الزنبقية Liliaceae مثل Erythronium تتكون كتلة نسيجية عن اللقحة ينشأ على سطحها بضعة أجنة.

٦ - قد توجد بيضة ثانية، كما في نبات الصندل الأبيض Santalum album ينشأ عنها جنينا ثانيا.

هذه الحالات، وأخرى غيرها، تعتبر شاذة، فلا يمكن القياس عليها في تحديد الصفات المورفولوجيا الثابتة والمميزة لأي مجموعة نباتية.

THE SEED COATS

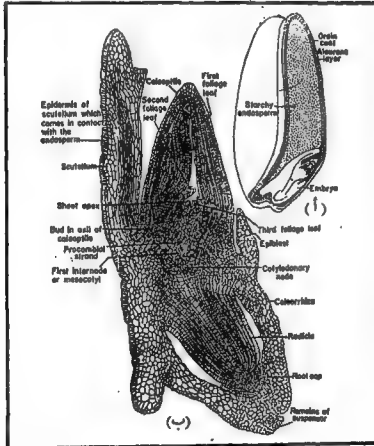
أغلفة البذرة

نتيجة للاخصاب المزدوج، بالإضافة الى تكوين الجنين والاندوسيرم، تحدث تغيرات أخرى في البويضة، فيزداد حجمها بدرجة كبيرة، وينمو غلافها أو غلافها لتكوين غلاف البذرة المعروف باسم القصرة Testa. ويتنوع تركيب القصرة في مغطة البذور تبعا لعدد وسمك أغلفة البويضة والتغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل نضج البذرة.

وعادة، ينجزل الغلاف الداخلى وكثيرا ما يتلاشى خلال مراحل نضج البذرة، وتتكون القصرة بصفة أساسية من الغلاف الخارجى والذي قد يصبح سميكاً كما في العائلة الصليبية Brassicaceae والبقولية Leguminosae. وفي حالات أخرى، في العائلة الوردية Rosaceae والسوسية Euphorbiaceae والخبازية Malvaceae، يشترك الغلافان في تكوين القصرة. وفي بذور العائلة الماغنولية Magnoliaceae تتكون القصرة من غلاف البويضة الداخلى ويصبح الغلاف الخارجى لحميا.

وفي الغلال Cereals يتحطم غلافها البويضة وتلتحم بقاياها مع جدار المبيض ويتكون غلاف واحد يسمى غلاف الحبة (شكل ٦). وفي البامبو Bamboo يتبقى من غلاف البويضة طبقة واحدة من الخلايا بينما يمتص الباقي. وتوجد أنواع أخرى مثل الأوركيد Orchids والهلوك Orobanchae تتركب قصرة البذرة فيها من طبقة خلوية واحدة.

وفي العائلة البقولية Leguminosae أحيانا تكون البذرة ذات حبل سرى Funiculus طويل يتكون عنه طبقة لحمية Aril خارجية. وتتميز حل القصرة زوائد معينة مثل الأجنحة Wings والأشواك Spines والشعور Hairs. وهذه الزوائد قد تكون سطحية المنشأ أو تتضمن أنسجة تحت سطحية.



شكل (٦): أ - قطاع طولى في حبة القمح بمنطقة التجويف الطولى يوضح تركيب الحبة.

ب - قطاع طولى في جنين حبة القمح يوضح تركيبه. لاحظ الأسماء العلمية للأجزاء.

الفصل الثاني

THE SEEDS

البذور

- القصرة
- تركيب الجنين في مغطاة البذور
- التنوع في عدد فلقات الجنين
- النسيج الاختزالي في البذور
- المواد المخزونة في البذور
- الأجنة الشاذة في ذوات الفلقة الواحة .

الفصل الثاني

البسذور

THE SEEDS

تمثل البذور طورا هاما في حياة النباتات مغطاة البذور، فهي وسيلة تكاثرها ونقطة الابتداء الطبيعية لها. ومن البديهي، أن دراسة هذه النباتات واكتساب المعرفة عن حياتها، تستلزم معرفة التركيب المورفولوجي للبذورها. ويمكن اعتبار البذرة بويضة Ovule مخصبة ناضجة تحتوي على جنين حي في أي من مراحل نموه، لديه غذاء مخدر يلزم لاستكمال تكوين أجزائه أو لاستيفاء حاجته عند الانبات. وتتفاوت البذور في حجمها، وغالبا البذور الكبيرة تكون مرتبطة بالأشجار بينما ترتبط الصغيرة بالنباتات العشبية بفترة نضج قصيرة.

STRUCTURE OF SEEDS

تركيب البذور

تتركب البذرة في مغطاة البذور من نبت صغير جدا يسمى الجنين Embryo يكون محاطا بالقصرة Testa.

وفي كثير من البذور الناضجة، يمثل الأندوسبرم جزءا رئيسيا في البذرة، بينما توجد أخرى خالية تماما منه أو بها مقدار ضئيل منه. وقليل من البذور يوجد بها بريسبرم Perisperm مع مقدار ضئيل من الأندوسبرم Endosperm وأحيانا يوجد البريسبرم فقط بدون الأندوسبرم.

TESTA

١ - القصرة

القصرة هي غطاء البذرة، تكون رقيقة في بعض البذور مثل القول السوداني Arachis hypogaea أو صلبة هشة سهلة التكسر كما في الحروع Ricinus communis أو جلدية مثل الفاصوليا Phaseolus vulgaris. وعموما فإن التنوع في تركيب القصرة يرجع الى صفات خاصة في البويضة لاسيما عدد وسمك الأغلفة والتغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل نضج البذرة.

وفي كثير من البذور، تشاهد على سطح القصرة ندبة صغيرة تسمى السرة Hilum تحدد موضع انفصال الحبل السرى عن البويضة بعد نضج البذرة، كما يشاهد التقير Micropyle عادة كثقب دقيق على القصرة، وأحيانا يكون مطموسا لنمو غلاف البويضة بعد الاخصاب أو يكون محجوبا تحت نموات من القصرة كما في الترمس *Lupinus termis*.

وفي البذور الناتجة عن البويضات المنعكسة *Anatropous ovule* أو الكلوية *Cam-pylotropous ovule* يستطيل الحبل السرى ويلتحم جانبا مع غلاف البويضة الخارجى ويظهر في صورة جافة رقيقة تمتد بين السرة والكلازا تسمى الرافى Raphe. وفي هذه المنطقة يمتد النسيج الوعائى للحبل السرى على جانبي البويضة حتى الكلازا *Chlaza* حيث يتفرع منها الى غلاف البويضة.

وخلال مراحل تكوين البذرة من البويضة المخصبة تتكون كثيرا على سطح القصرة نموات تختلف في مظهرها ومنشأها. بعض البذور مثل الخروع *Ricinus communis* والكروتون *Croton* يوجد على قصرتها تركيب صغير، اسفنجى يسمى البسباسة *Caruncle* وفي مغطة البذور، تنشأ البسباسة من غلاف البويضة الخارجى عند حافة النقر كما في الكتان *Linum*.

وفي بعض النباتات، تحاط البذور من الخارج بغطاء ثالث سميك *Aril* يمثل غالبا محورات لحمية في الطبقات الخارجية لغلاف البويضة الخارجى، أو النموات اللحمية الناتجة عن الكلازا والتي تحيط كليا أو غالبا بالبويضة كما يطلق أيضا على الحبل السرى اللحمى كما في جنس *Magnolia* و *Acacia*. وفي بذرة الطباطم *Lycopersicon esculentum* تحاط القصرة بغلاف لحمى ينشأ جزئيا من بشرة غلاف البويضة أما معظمه فينشأ من المشيمة.

ويطلق أحيانا مصطلح غلاف ثالث *Third integument* على الطبقة الداخلية من الغلاف الداخلى إذا كانت متحجرة، أو في صورة خلايا تشبه القصبيات.

وفي بعض النباتات، تنشأ على سطح القصرة شعور غالبا وحيدة الخلية تختلف في عددها وشكلها وسمك الجدار وتوزيعها. ففي بذور القطن مثلا تغطي سطح البذرة بشعور كثيفة تنشأ من بشرة غلاف البويضة الخارجى، وفي بذور الصفصاف *Salix* توجد خصلة من شعور رقيقة تنشأ من السرة تساعد في انتشار البذرة. وفي بذور حشيشة القمر *Lunaria annua* من العائلة الصليبية *Brassicaceae* تمتد القصرة في صورة جناح على هيئة ثنية غشائية. وأحيانا، تنمو أشواك صغيرة من سطح القصرة. هذه التراكيب عبارة عن محورات لخلايا بشرة غلاف البويضة وربما اشتركت طبقة أو أكثر من تحت البشرة في تكوينها.

وتتميز القصرة في العائلة البقولية Leguminosae بوجود شق Fissure يمتد بطول السرة ويعمل كصمام يتسع حينما تقل الرطوبة في الجو ويضيق بزيادتها، وبذلك يحافظ على استمرار جفاف جنين البذرة، ويطن الشق بخلايا ذات جدر سمكية ملجئة. وتقوم القصرة بحماية محتويات البذرة من الجفاف والطفيليات ومن الاحتكاكات التي تتعرض لها نتيجة لعمليات حصادها وتعبثها. وقد يكون الغلاف الخارجى هو الجزء الواقى للبذرة، وفي حالات أخرى يبقى غلافا البويضة ويكونا معا الجهاز الواقى للبذرة كما في العائلة الوردية Rosaceae.

وقد ينمو الغلاف الخارجى نموا واضحا وتظهر فيه طبقات واقية، اما الداخلى فلا يحدث فيه أى تخصص رغم تعدد طبقاته كما في بذور العائلة الصليبية Brassicaceae والخشخاشية Papaveraceae. وإذا وجد غلاف واحد فإنه يكون عادة جامدا، أما اذا وجد غلافان، فإن الخارجى يكون جامدا، يمثل القصرة بينما الداخلى يكون رقيقا وغشائيا يسمى الشفاف Tegmen كما في الخروع Ricinus communis.

وقد تتركب القصرة من عدد من الطبقات الخلوية، وفي غيرها تتركب من طبقة واحدة من الخلايا كما في البامبو Bamboo والهالوك Orobanchae وتمتص تقريبا أغلفة البويضة في بذور بعض ذوات الفلقة الواحدة مثل الذرة Zea.

تركيب الجنين في مغطة البذور

الجنين Embryo الناضج عبارة عن نبات جرثومى صغير موجود بداخل البذرة الناضجة، ويختلف مظهره وحجمه في البذور المختلفة تبعاً لمرحلة نموه ونوع النبات. ويتركب الجنين في البذور ذات الفلقتين Dicotyledons عند الانبات من محور Em-bryo Axis قصير متصل به فلقتان Cotyledons جانبيتان عند جزئه العلوى. ينتهى هذا المحور من أعلى، فوق اتصال الفلقتين، بجزء يسمى السويقة فوق الفلقة Epicotyle تركيبه التشريعى يماثل تركيب الساق. هذه السويقة تكون ناعمة التكشف في أجنة بذور بعض النباتات ذات الفلقتين مثل البقولية Leguminosae والصليبية Brassicaceae غير أنها قليلا ما توجد في ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons. وتكون السويقة فوق الفلقة أكثر تميزا في البذور ذات الانبات الهوائى Epigeal germination عن الأخرى أرضية Hypogeal germination الانبات.

وتنتهى السويقة العليا برعم طرفى يعرف عادة باسم الريشة Plumule تتركب من قمة مرستيمية ويضع أوراق أولية، وهى أكثر تكشفا في الانبات الأرضى منها في الهوائى. والريشة تكون متميزة تماما في النباتات النجيلية ونحاط بغلاف واق لها. وتوجد السويقة فوق الفلقة بين الفلقتين في أجنة ذوات الفلقتين، أما في الفلقة الواحدة فإنها

تكون محاطة بقاعدة الفلقة ذات الشكل الأسطواني كما في البصل *Allium cepa* أو بفمغمد مخروطي الشكل يسمى غمد الريشة *Coleoptile* في حبوب الغلال *Cereals* (شكل ٦)، أو بفمغمد الريشة وقاعدة الفلقة كما في نخيل البلح *Phoenix dactylifera*.

والجزء السفلي من محور الجنين يسمى السويقة تحت الفلقة *Hypocotyl*. من الناحية المورفولوجية، السويقة تحت الفلقة هي جزء محور الجنين والبادرة الذي يحدث فيه التحول التشريحي من تركيب الجذر، حيث توجد أشرطة الخشب *Xylem* واللحاء *Phloem* متبادلة، إلى تركيب الساق حيث يتجمعان معا في حزم وعائية جانبية - *Callat*. *eral Vascular Bundle*. وفي الجذر يكون الخشب الأول *Portoxylem* خارجيا بينما يكون في الساق داخليا. والمنطقة التي يتم فيها هذا التحول الوعائي، أي التحول في ترتيب وتنظيم الأنسجة الوعائية، تعرف باسم منطقة التحول *Transition region*. قد توجد هذه المنطقة عند قاعدة السويقة أو في منتصفها أو في الجزء العلوي منها، وقد تشمل السلاحيات القاعدية للساق كما في البازلاء *Pisum sativum*. وفي ذوات الفلقة الواحدة يكون طول السويقة السفلى بضعة ملليمترات، ومع هذا تكون أطول من ذلك في بعض العائلات مثل الزنبقية *Liliaceae* والزرغسية *Amaryllidaceae* أحيانا، وقد تكون قصيرة جدا للدرجة يصعب تمييزها حيث يمثلها منطقة لا تزيد عن طبق وعائي.

وفي معظم ذوات الفلقتين تمثل السويقة السفلى جزءا متميزا في محور الجنين، وقد تمتد حتى أعلى منطقة اتصال الفلقات. وفي الأجنة زائدة الاختزال كما في الأوركيد *Orchids* وبعض النباتات المتطفلة، تكون السويقة السفلى غير متميزة. وفي بعض النباتات المائية تقوم السويقة السفلى باختزان الغذاء للجنين وتصبح منتفخة، هذه الصفة تتميز بها البلور عديمة الاندوسبرم أو ذات الاندوسبرم الشحيح والجنين المختزل. وعادة الجزء القاعدي من السويقة السفلى يكون تركيبه التشريحي جذريا بينما الجزء العلوي يكون ساقيا فوق منطقة التحول.

والجذير *Radicle* يمثل في جنين البذرة عادة ببداية *Primordium* تتصل مباشرة بقاعدة السويقة تحت الفلقة وتتكون عند المرحلة النهائية لتكشف الجنين، ولا يكون متميزا إلا عند الانبات عادة، وكثيرا ما يصعب تمييزه قبل ذلك.

عند الانبات يتكشف الجذير *Radicle* بسرعة أو ببطء، وقد يتأخر ظهوره في بعض ذوات الفلقة الواحدة، كما في الأوركيد *Orchids* وبعض النباتات المائية، مثل مزمار الراعي *Alisma plantago* حيث تكون الفلقة أول أجزاء الجنين ظهورا، وتتكون حلقة من شعور جذرية من قاعدة السويقة السفلى تثبت البادرة، وبعدها ينمو الجذير ويستطيل. وفي العائلة النجيلية *Poaceae* يحاط الجذير بغلاف نسيجي واق يسمى

غلاف الجندير *Coleorhiza* (شكل ٦)، كما يحيط أيضا ببدايات الجنذور الجنينية *Seminal Roots* كما في الذرة *Zea mays* وغيرها من حبوب الغلال *Cereals*. هذا الغلاف يكون غير موجود في أجنة الكثير من ذوات الفلقة الواحدة. وكثيرا يقال أن الجندير يستطيل خلال الانبات ويمزق القصرة وينفذ منها، غير أنه في بعض النباتات يرجع تمزق القصرة الى نمو واستطالة السويقة تحت الفلقة وغلاف الريشة أكثر من استطالة الجندير، وقد يستطيل غلاف الحبة كما في النجيليات.

الفلقات *Cotyledons* هي الاوراق الجنينية وهي أعضاء مؤقتة، متصلة بمحور الجنين، بسيطة التركيب غالبا، أما حينما تتخصص في امتصاص الغذاء وحماية الريشة في الجنين فتصبح عضوا معقد التركيب، حيث تقوم بوظيفتين مختلفتين احدهما الامتصاص والاخرى الحياة. وإذا تخصصت في تخزين الغذاء للجنين فإن الفلقة تكون سمكية. وقد تكون الفلقة ذات فصين في بعض عائلات ذوات الفلقتين مثل الصليبية *Brassicaceae* والزيرفونية *Tiliaceae*.

والفلقة في ذوات الفلقة الواحدة متطاولة، ذات قاعدة مغلفة تحيط بالريشة النامية كما في البصل *Allium cepa* أو تخترق هذه القاعدة كما في النخيل *Phoenix dactylifera*. ويختلف شكل الفلقة بين عائلات ذوات الفلقة الواحدة كما في الزنبقية *Liliaceae* والنجيلية *Poaceae* والنخيلية *Arecaceae* وأحيانا في نفس العائلة.

في بعض ذوات الفلقتين كثيرا ما تلتحم قاعدتا الفلقتين معا ليكونا تركيبا فنجانيا الشكل غير عميق، وقد يزداد طولاً على هيئة عنق أنبوي كما في الشاي *Camellia sinensis* والبلوط *Quercus suber*. وفي العائلة البشنيية *Nymphaeaceae* وهي من ذوات الفلقتين، لاسيا في جنس *Nelumbo* توجد الفلقتان في هيئة تركيب أنبوي يكون مفصصا عند قمته، ونادرا تكون الفلقة متورقة كما في العائلة السوسية *Euphorbiaceae*. بالإضافة الى تخزين الغذاء للجنين والبادرة والقيام بعملية البناء الضوئي، فإن الفلقة تقوم بامتصاص الغذاء من الاندوسبرم والبريسبرم. الفلقة كجزء متخصص لامتصاص الغذاء توجد في بلور كثير من عائلات ذوات الفلقة الواحدة ففي العائلة الزنبقية *Liliaceae* كما في جنس عنب الثعلب *Paris* تقوم الفلقة كلها بعملية البناء الضوئي وليس لها وظيفة امتصاصية، بينما في جنس *Trillium* والبصل *Allium* يبقى طرف الفلقة داخل البذرة خلال الانبات ليقوم بعمل تركيب ماص للغذاء من الاندوسبرم ويقية الفلقة تسحب خارج البذرة وتصبح متورقة، وأخيرا يذبل طرف الفلقة بعد خروجه من البذرة نتيجة لنمو عنق الفلقة، دون أن يضر لونه. وفي العائلة السايية *Juncaceae* يبقى طرف الفلقة داخل البذرة ليقوم بعملية الامتصاص فقط. وجزء الفلقة الماص يتنوع في

شكله، وعادة يكون اسطوانيا أو خيطيا، كثرى الشكل أو درعى، أو كرويا صغيرا يزداد خلال الانبات بدرجة كبيرة ويتغلغل في الاندوسبرم ويأخذ شكل البذرة مائلا فراغها كما في النخيل Phoenix والعائلة الموزية Musaceae.

وفي ذوات الفلقة الواحدة، لاسميا البذور ذات الانبات الارضى -Hypogaeal germination تحدث تغيرات خلوية في طرف الفلقة الماص والموجود داخل البذرة ملاصقا للاندوسبرم، حيث تصبح الخلايا عمادية الشكل أو متطاولة عموديا على سطح الفلقة كما في العائلة Cyperaceae وأحيانا تصبح حلمية Papillose مكونة طبقة طلائية Epithelium ماصة.

وفي العائلة الزنبقية Liliaceae تتحرك خلايا البشرة في الفلقة بدرجة كبيرة حيث تصل الى بضع مرات قدر قطرها وتتغلغل أطرافها في داخل الاندوسبرم. في بذور النباتات ذات الفلقتين الاندوسبرمية، تبقى الفلقتان داخل البذرة بصفة مؤقتة بعد الانبات. حينما يستهلك الاندوسبرم، تتحرر الفلقتان من قصرة البذرة وتصبح متورقة تقوم بعملية البناء الضوئي وتشبه في تركيبها الأوراق العادية. وفي ذوات الفلقة الواحدة قد تستخدم للامتصاص والبناء الضوئي، أو الامتصاص والحماية الأمر الذي يجعلها أكثر تخصصا عن ذوات الفلقتين. فمثلا، في الأنيمون Anemone من العائلة الشقية Ranunculaceae يلتحم عنقا الفلقتين كلياً أو جزئياً عند الانبات فيتكون عنهما تركيب أنبوي تنفذ الريشة جانبيا من خلاله.

والفلقة في العائلة النجيلية Poaceae وبعض اجناس العائلة السعدية Cyperaceae طبقا لما يراه عدد من الباحثين، عبارة عن عضو يمثل احدى قمم التعقد في النبات الزهري، فهي تتركب من جزئين رئيسيين، أحدهما يسمى القصة Scutellum والآخر يسمى غمد الريشة Coleoptile. هذا التحور يعد صفة متميزة في ذوات الفلقة الواحدة الراقية. والقصة تخصص في إمتصاص غذاء الجنين من الاندوسبرم، بينما الغمد يمثل غطاء الحماية الريشة، وبذلك فهي تركيب معقد يتألف من جزئين كل منهما يقوم بوظيفة تخصصية معينة. ومصطلح القصة يدل على الجزء العالي التخصص من الفلقة، وهو معد تركيبيا وظيفيا لأذابة وإمتصاص غذاء الجنين من الاندوسبرم وذات شكل درعى، أكثر طولاً عادة من محور الجنين، وقد تأخذ الشكل العام للبذرة كما في النجيليات.

ولقد اعتبر غمد الريشة جزءاً فلقياً في عام ١٨٤٩، حيث وجد أنها تختلف عن أوراق الريشة في احتوائها على حزمتين وعائيتين فقط بينما يوجد العديد من الحزم في الأوراق.

ومن الصفات التي تتميز بها عديد من النباتات النجيلية وبعض أجناس العائلة السبارية Juncaceae أن السويقة السفلى ملتحمة مع جزء ملاصق من القصعة (عقن الفلقة) ليتكون عنها تركيب مشترك يسمى السويقة الوسطى Mesocotyl تكون قصيرة جدا وأحيانا طويلة كما في الأرز *Oryza sativa* والسعد *Cyperus*. هذا التركيب المشترك يحتوي على الأنسجة الوعائية لكل من السويقة السفلى والفلقة. وتقع هذه السويقة بين القصعة وغمد الريشة، ويطلق عليها البعض اسم السلامة الأولى للمحور.

ويختلف حجم الجنين ووضعه داخل البذرة، فأحيانا يشغل جميع حيز البذرة كما في بذور العائلة البقولية Leguminosae أو يشغل جزءا قليلا منها ويكون محاطا بالاندوسبرم كما في البلح *Phoenix dactylifera* والشوكران *Conium maculatum* وقد يكون الجنين مستقيما في البذرة كما في بذور البقول أو الذرة *Zea* أو مقوسا كما في بنجر السكر *Beta vulgaris* والبصل *Allium cepa* أو على شكل حلزون كما في الشوك الأحمر *Salsolla*.

وبذور بعض النباتات الزهرية مثل لسان العصفور *Fraxinus* وشرابة الراعي *Ruscus* والمهاوك *Orobanchaceae* والأوركيد *Orchid* يبقى الجنين فيها صغيرا غير مكتمل التكوين عندما تنضج البذرة وتنفصل عن النبات الأب، وهو عبارة عن كتلة من خلايا مرستيمية غير متميزة الأجزاء ولا يكتمل تكوينها الا قبل انباتها أو خلال مراحل الانبات.

التنوع في عدد الفلقات

يختلف عدد الفلقات في بذور بعض أجناس النباتات ذوات الفلقتين. فمثلا، تتكون فلقة ثالثة للجنين أحيانا كما في جنس الاسفندان *Acer* والجوز *Juglans*. وفي جنس والديان *Centranthus* توجد أيضا ثلاث فلقات وأحيانا فلقتان أو فلقة واحدة. وفي أجناس الاقحوان *Calendula* وزهرة اللؤلؤ *Dimorphotheca* وأمرويسيا *Ambrosia*، من العائلة المركبة *Asteraceae*، توجد فلقة واحدة وقد تكون الفلقة الثانية أثرية. وتوجد أيضا فلقة واحدة في أنواع جنس *Bunium* من العائلة النجيمية *Apiaceae*، وفي كثير من أنواع جنس *Coridalis*، من العائلة الحشخاشية *Papaveraceae* حيث توجد فلقة واحدة للجنين، وقد تنشأ ذرنة أرضية من السويقة السفلى بعد الانبات. قد توجد أربع فلقات كما في عدد غير قليل من أنواع نباتات العائلة الشقيقية *Ranunculaceae* الحشبية. وهناك شواذ أخرى قليلة، فقد تتكون فلقة واحدة فقط للجنين كما في بعض أنواع جنس الكمون *Cuminum* وجب القنبر *Coridalis* وحب شقائق النعمان *Ranunculus*. بالإضافة الى ماتقدم، فإن تعدد الفلقات *Polycotyledony* ظاهرة موجودة في بعض ذوات الفلقتين لاسيما الأجناس المتطفلة مثل الحضال *Loranthus* وحب *Per-*

soonina حيث أن بعض أنواعها يتراوح عدد الفلقات بين ٨-٣ .
والفلقات في ذوات الفلقتين لها استعداد لأن تتجزأ بدرجات مختلفة، أحيانا يكون
تجزؤا عميقا ليتصور وجود أربع أو ثلثي فلقات. والتفصيل يعتبر من صفات بعض
العائلات مثل الصليبية Brassicaceae والزيزفونية Tiliaceae.
والأجنة متعددة الفلقات Polycotyledonary كثيرة التواجد في بعض أجناس العائلة
الشقية Ranunculaceae الشجرية، حيث يتراوح عدد الفلقات في أجناسها بين ٤-٣ .
وجميع هذه الحالات تدل على تحورات في الفلقتين، كما أن فقد فلقة واحدة كثيرا
ما يحدث لاسميا في أجناس Ranunculus و Coridalis و Claytonia .
ومن ناحية أخرى قد توجد فلقة مختزلة في أجنة بعض ذوات الفلقة الواحدة كما في
جنس الكرم البري Tamus و جنس وعلان Commelina .

النسيج الاختزائي في البذور

تحتوى بذور النباتات مغطاة البذور على غذاء مدخر يستفيد منه الجنين خلال
مراحل نضج البذرة وتكشف أجزائه والانبات. هذا الغذاء يكون مخزونا في الاندوسبرم
Endosperm أو البريسبرم perisperm أو فيها معا. وفي كثير من بذور النباتات المائية،
التي تنحدر من الاندوسبرم أو بها قليل منه، وجنينها غير تام التكوين تتخصص السوقة
السفل مع الأجزاء الملاصقة لها من محور الجنين، كعضو يقوم بتخزين غذاء الجنين
ويزداد حجمها بدرجة ملحوظة، كما في بعض العائلات مثل الشوكية Cactaceae
وعائلة الفربيونا Verbenaceae. ولقد وجد أن البذور التي تزداد فيها السوقة الجنينية
السفل في الحجم بدرجة كبيرة تصبح فلقاتها صغيرة.

والاندوسبرم يمثل النسيج الاختزائي السائد في معظم النباتات ذات الفلقة الواحدة
Monocotyledons بدرجة أكبر مما في ذوات الفلقتين Dicotyledons.

وتوصف بذور عديد من عائلات ذوات الفلقتين بأنها لا تحتوى على اندوسبرم مثل
بذور العائلة المركبة Asteraceae والصليبية Brassicaceae والقرعية Cucurbitaceae
وغيرها. والعائلة الشوكية Cactaceae قد يوجد بها قليل من الاندوسبرم أو يكون غير
موجود اطلاقا. والنباتات المتطفلة Parasitic توجد في بذورها طبقة خلوية من صف
واحد من خلايا الاندوسبرم.

ويرتبط الاندوسبرم من خلايا بارنكيمي خازنة للغذاء جدره غالبا رقيقة، غير أنه في
بعض البذور مثل الجوز المقء Strychnos nuxvomica تكون جدر الخلايا الخازنة
سميكة تتركب أساسا من الهيميسيليلوزات. وتتميز خلايا اندوسبرم بذور البلح

Phoenix dactylifera بأن جذرها زائدة السمك، وكذلك الحال في اندوسبرم بذور البصل Allium cepa قد يكون الاندوسبرم طريا أو دقيقيا أو جامدا أو منجدا ذو جدر خلوية سميكة. وفي حبوب الغلال Cereals يغلف الاندوسبرم طبقة الأليرون Aleurone layer خلاياها حية ذات نوى كبيرة، وهي أكبر حجما من الخلايا المجاورة، وممتلئة بحبيبات الأليرون Aleurone grains.

والبريسبرم نسيج اختزانى ينشأ اما عن أغلفة البويضة Integuments أو النيوسيلة Nucellus أو منها معا، وهو قليل الوجود في مغطاة البذور. قد يتربك من طبقة واحدة خلوية ممتلئة خلاياها بالمواد الغذائية أو من كتلة خلوية تحيط بالجنين والاندوسبرم. وبريسبرم النيوسيلة Nucellar Perisperm غير شائع في بذور النباتات مغطاة البذور، ومع هذا فانه يوجد في بعض ذوات الفلقة الواحدة. البريسبرم الناتج عن أغلفة البويضة Integumentary Perisperm يعتبر أكثر شيوعا من بريسبرم النيوسيلة. يتربك البريسبرم من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر ممتلئة غالبا بالنشا. في بعض العائلات، كميات كبيرة من البريسبرم تكون ميسورة للبادرات خلال الانبات نتيجة لنشاط الاندوسبرم كما في عائلة الكنا Cannaceae والقرنفلية Caryophyllaceae والفلفلية Piperaceae. وقد تحدث هذه الاستفادة خلال مراحل نضج البذرة، وعموما فهو نسيج اضافي غذائي يكمل الاندوسبرم الذي يساعد في انتقال الغذاء المخزون في خلايا البريسبرم الى الجنين. والبريسبرم يكون مميزا في بذور عدد من عائلات ذوات الفلقتين مثل القرنفلية Caryophyllaceae والرمامية Chenopodiaceae. وقد يشاهد البريسبرم كغشاء رقيق يسمى الشفاف Tegmen يحيط بالاندوسبرم كما في الخروع Ricinus communis.

ويوجد الاندوسبرم والبريسبرم معا في بعض العائلات مثل الفلفلية Piperaceae من ذوات الفلقتين والموزية Musaceae وهي من ذوات الفلقة الواحدة. وتتميز بذور الفلفل الأسود Piper nigrum بان الاندوسبرم يمثل جزءا ضئيلا يحيط بالجنين بينما الجزء الأكبر من النسيج الاختزانى عبارة عن البريسبرم.

والبذور التي يوجد بها الاندوسبرم أو البريسبرم كنسيج اختزانى رئيسى تسمى البذور الاندوسبرمية Endospermic seeds أما البذور التي لا تحتوى على الاندوسبرم أو البريسبرم أو بها بقايا ضئيلة من أي منها تسمى البذور غير الاندوسبرمية Non-endospermic seeds.

المواد المخزونة في البذور

يتوقف محتوى البذور من المواد المخزونة على العوامل الوراثية للنبات، غير أن مقدار هذا المحتوى يتأثر أحيانا بالعوامل البيئية المحيطة. والمواد الرئيسية التي تخزن في البذور

هي الكربوهيدرات والبروتينات والزيوت.

تخزن الكربوهيدرات غالباً في صورة نشأ أو هيميسيليلوزات مثلاً، يوجد النشا في اندوسبرم حبوب الغلال وفلقات بذور البقوليات. والهيميسيليلوزات تتركز في جدر خلايا اندوسبرم بعض البذور مثل البلح والبصل، كما تخزن أيضاً في فلقات بعض الأجنة مثل الترمس *Lupinus termis* وأبو خنجر *Tropaeolum majus*.

والسكريات أقل المواد المخزونة شيوعاً، وأكثر أنواعها وجود سكر القصب كما في اندوسبرم حبوب الذرة السكرية *Zea mays saccharata* وجنين بذور البازلاء *Pisum sativum* والجوز *Juglans*.

وتخزن البروتينات عادة بكميات قليلة في البذور، ومع هذا فبعض البذور تعتبر ذات محتوى عال من البروتينات مثل قول الصويا (أكثر من ٤٥٪)، والفروع (حوالي ٢٥٪) والقطن (٢٠-٢٦٪). ويستثناء بذور فول الصويا *Glycine max* لا تعرف بذور تسود فيها البروتينات على غيرها من المواد المخزونة. وتخزن البروتينات في صورة غير متبلورة كما في اندوسبرم الجيهان *Elettaria cardamomum* أو في صورة حبيبات ذات شكل محدد تسمى حبيبات الأليرون كما في اندوسبرم بذور الخروع *Ricinus communis* وتوجد هذه الحبيبات مخزونة في خلايا طبقة الأليرون المغلفة للاندوسبرم في حبوب الغلال، وفي الفروع والكتان توجد مخزونة في خلايا الجنين والاندوسبرم مختلطة مع الزيت. أما في الفاصوليا *Phaseolus vulgaris* والبازلاء تخزن حبيبات الأليرون مختلطة مع النشا في فلقات الأجنة. وفي بذور جوز الطيب *Myristica fragrans* توجد حبيبات الأليرون مع النشا والزيت في الإندوسبرم.

وتخزن الزيوت في اندوسبرم بعض البذور مثل الخروع (حوالي ٥٠٪) والكتان (٣٠-٤٠٪) أو فلفتي الجنين مثل القطن (٢٠-٢٥٪) والفول السوداني (حوالي ٤٠٪). كما تخزن الدهون في اندوسبرم بعض البذور مثل جوز الهند (٦٠-٦٥٪) ونخيل الزيت *Elaeis Guineensis* (٤٥ - ٥٣٪).

بالإضافة إلى المواد الرئيسية السابقة، فإن بعض البذور يخزن في اندوسبرمها مواد مخاطية كما في بذور الحلبة *Trigonella foenum graecum* (حوالي ٢٨٪).

وبذور جنس *Plantago* تمثل مصدراً للمواد المخاطية توجد مخزونة في قصرة البذرة. يزرع هذا العشب في الهند وإيران. وتحتوي بعض البذور على أشباه قلويات مثل *Ricine* في اندوسبرم بذور الخروع، ومادة *Spartine* في جنين الترمس والكافيين *Cafeine* في بذور البن *Coffea arabica* والكاكاو *Theobroma cacao*.

الأجنة الشاذة في ذوات الفلقة الواحدة

الصفة الأساسية التي تميز ذوات الفلقتين من ذوات الفلقة الواحدة تتركز في عدد الفلقات، ومع هذا فمن الصعب إيجاد حد فاصل بينها في كثير من الأحيان. فكثير من الأجناس في ذوات الفلقتين له فلقة واحدة وبعض ذوات الفلقة الواحدة له فلقة ثانية أثرية. العديد من هذه الأشكال الشاذة معروفة وسبقت دراستها، وكثيرا ما يستفاد منها في تحديد العلاقة بين ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة من ناحية المنشأ.

والأجنة الشاذة التركيب في ذوات الفلقة الواحدة يبدو أنها أقل شيوعا منها في ذوات الفلقتين. فمثلا في أجناس الكرم البرى *Tamus* وديوسكوريا *Dioscorea* و *Titantia* توجد فلقة ثانية في صورة مختلة، وفي جنس *Arum* من العائلة القلقاسية، وجنس *Paris* من العائلة الزنبقية توجد فلقتان متميزتان ومتقابلتان عند قمة السويقة تحت الفلقة، أحدهما متورقة والأخرى متخصصة في امتصاص الغذاء.

وهناك ما يرجح فقد إحدى الفلقتين في بعض أجناس ذوات الفلقة الواحدة. ففي جنس *Cyrtanthus* توجد بادئة حلقية الشكل تحيط بقمة الساق ينشأ عليها أربعة بروزات تلحم في زوجين فيتكون عنهما فلقتان صغيرتان، تنمو أحدهما مكونة فلقة طرفية. وفي جنس زنبق افريقيا *Agapanthus*، بعض الأجنة ذات فلقة والبعض الآخر ذات فلقتان، وكل من هذين النوعين يتميز بوجود بادئة فلقة حلقية الشكل حول القمة المرستيمية لمحور الجنين ينشأ عليها بروز أو بروزين يتكون عنهما فلقة أو فلقتين.

الفصل الثالث

تركيب البذور

- تركيب البذور ذات الفلقتين .
- البذور غير الاندوسبرمية .
- بذرة الفاصوليا .
- بذرة القطن .
- بذرة قرق الكوسة .
- البذور الاندوسبرمية .
- بذرة الحنظل .
- بذرة الطماطم .
- بذرة بنجر السكر .
- بذرة الكتان .
- تركيب البذور ذات الفلقة الواحدة .
- بذرة البصل .
- حبوب الغلال .

الفصل الثالث

تركيب البذور

تتنوع بذور النباتات مغطاة البذور، سواء كانت من ذوات الفلقتين أو من ذوات الفلقة الواحدة، في نواحي مختلفة مثل الشكل والحجم وتركيب القشرة والجنين وموضع الغذاء المخزن وغيرها. ولقد اختير عدد من البذور للدراسة تركيبها المورفولوجي؛ تتميز بأهميتها الاقتصادية من ناحية، ولصفات خاصة تميزها عن بعضها البعض سواء في تركيبها أو انباتها أو وظائف الفلقات فيها. وتبعا لعدد فلقات الجنين، تصنف النباتات مغطاة البذور الى ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة.

تركيب البذور ذوات الفلقتين STRUCTURE OF DICOTYLEDONOUS SEEDS

تصنف بذور النباتات مغطاة البذور ذوات الفلقتين، تبعا لموضع الغذاء المخزن، الى بذور غير اندوسبرمية مثل الفاصوليا والعدس والبقول والقطن، وأخرى اندوسبرمية مثل الخروع والطحاطم وينجر السكر والحبهان والجزر.

البذور غير الاندوسبرمية THE NON ENDOSPERMIC SEEDS

١ - بذرة الفاصوليا

نبات الفاصوليا *Phaseolus vulgaris* من العائلة القرشية *Fabaceae* وهو نبات عشبي يزروع لقروته الخضراء ولبذوره الجافة كغذاء.

وتوجد البذور داخل ثمرة قرن أو باقلاء *Legume* والقرون الخضراء رفيعة طولها حوالي ٤ بوصات تحتوى بداخلها على البذور الجافة وهي كلبية الشكل تغلفها قشرة *Testa* جلدية رفيعة، وناعمة أو مجمدة، يختلف لونها تبعا للمصنف، فقد تكون بيضاء اللون أو حمراء أو مزركشة، وهي متكونة عن الغطاء الخارجى للبويضة حيث امتص الغطاء الداخلى خلال مراحل نضج البذرة، وكذلك النيوسيلة.

ويوجد للبذرة جانبان ضيقان وسطحان عريضان. وتشاهد السرة Hilum كندبة فاتحة اللون تتوسط أحد الجانبين ويجوارها النقر Micropyle داخل انخفاض بسيط، كما يشاهد الرافي Raphe في صورة نتوء على الجانب الآخر من السرة. تتميز السرة في بذور الفاصوليا بوجود شق Fissure طولى تحته مجموعة من خلايا ذات جدر سمكية، بها ثقبوب دقيقة جدا تقوم بحماية محتويات البذرة من الجفاف والطفيليات.

والجنين Embryo يتركب من فلتقتين سمكيتين محتويان على الغذاء المدخر للجنين، ويتركب من كربوهيدرات وبرتينات، وسويقة فوق فلتقية Epicotyl مختمية بين الفلتقتين، ويمكن تمييز وريقتين صغيرتين في طرفها تحيطان بقمتها المرستيمية.

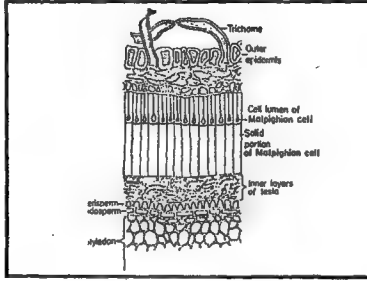
والسويقة تحت الفلتقية Hypocotyl توجد تحت منطقة اتصال الفلتقتين بمحور الجنين، وهي قصيرة تنتهي بالجذر Radicle الذي يكون طرفه مدببا متجهها نحو النقر. ويماثل جنين بذرة الفاصوليا من حيث التركيب العام أجنة بذور الفول Vicia faba والبالاء Pisum sativum والعدس Lens esulenta وأخرى عديدة غيرها.

٢ - بذرة القطن

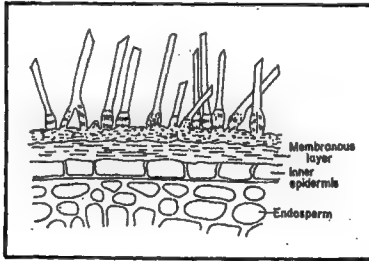
نبات القطن Gossypium spp ينتمي الى العائلة الخيازية Malvaceae وهو نبات عشبي، ساقه قائمة متفرعة وهو محصول الألياف الرئيس والهام في العالم. توجد البذور داخل ثمرة جافة مفتوحة تسمى علبة Capsule أو اللوزة. البذرة الناضجة كمثرية الشكل تقريبا، يتراوح طولها بين ٨-١٠ ملميمترات، لونها بين البنى والأسود. ويغطي سطح البذرة بشعور كثيفة وحيدة الخلية ينشأ كل منها عن استطالة خلية من خلايا البشرة لغللاف البويضة (شكل ٧ أ). ويوجد نوعان من هذه الشعور:

- أ - شعر طويل أبيض اللون يسهل فصله عن سطح البذرة يعرف تجاريا باسم شعر القطن Cotton Lint يتفاوت طوله تبعا للصنف فيما بين ٢-٥ سنتيمترات وتبلغ نسبة السليلوز في شعر القطن حوالي ٩١٪ والباقي شمع وزيت وورطوبة وغيرها.
- ب - شعر قصير على هيئة زغب Fuzz يعرف تجاريا باسم Linters يبقى على سطح البذرة بعد عملية حلج القطن، يختلف لونه فيما بين الأخضر والبني والمصفر. ويوجد الزغب مغطيا سطح البذرة أو في صورة خصلة عند طرف البذرة، وقد تكون البذرة خالية منه تماما بعد الحلج.

ويمثل الزغب حوالي ١٠٪ من وزن البذرة اذا كان سطحها كله مغطى به. تتكشف قهورة البذرة عن غلاف البويضة، وشاهد على سطحها الرافي Raphe كتوء رفيع يمتد بطول سطح البذرة. ويوجد النقر بطرف البذرة المدبب ويجواره السرة تمتد



شكل (٧-أ): قطاع عرضي في جزء من بذرة القطن متضمنا القصرة وجزء من الفلتين
- لاحظ القناة الراتنجية في الفلقة ومنشأ الشعور من خلايا البشرة
الخارجية للغلاف الخارجي للبويضة



(شكل ٧-ب): جزء من قطاع عرضي في بذرة الطماطم يوضح شكل الحراشيف الناتجة
عن الجذر الجانبية المغلفة والداخلية السمكية لبشرة غلاف البويضة.

لمسافة واضحة بطول البذرة. ويوجد بداخل القصرة غشاء رقيق أبيض شفاف يحيط
بالجنين يلتحم بالقصرة عند الطرف العريض للبذرة يسمى الشفاف Tegmen.

ويتركب هذا الغشاء من طبقتين من الخلايا، الخارجية منها تمثل بقايا نسيج النيوستيلة بينما الداخلية عبارة عن بقايا نسيج الاندوسبرم الذي استنفذه الجنين خلال مراحل تكشفه.

والجنين كبير نسبيا، ومستقيم في وضعه داخل البذرة وتمتلئ البذرة به. ويتركب الجنين من محور جنين Embryo axis وفلقتين كبيرتين، حينما تنبسطا تكونان عريضتان ذاتا شكل كلوى ورققتان، وهما منطقتان معا ومثنتان في طيات عديدة معقدة. يشاهد على كل من الفلقتين نقط متناثرة داكنة اللون يمثل كل منها غدة راتنجية Resin Duct بها مادة الجوميبول Cossypol التي تكسب الزيت المستخرج من الجنين لونا أصفر محمر. وتحتوي الفلقتان على الغذاء المدخر للجنين الذي يحتوى على حوالى ١٦-٢٠٪ بروتين وحوالى ٢٢-٢٤٪ زيت من وزن البذرة. والنشا يكون قليلا جدا أو معدوما في الفلقتين. ومحور الجنين يتركب من سوقية فوق فلقية Epicotyl تكون محصورة بين الفلقتين، وسوقية تحت فلقية Hypocotyl تنتهى بالجذير Radicle. وتشاهد الغدد الراتنجية أيضا على السوقية تحت الفلقية. والبذرة خالية من الاندوسبرم.

وزيت بذور القطن من أهم الزيوت في العالم ويستخدم في طبخ الغذاء وصناعة المرجرين والصابون وغيرها. ويستفاد من الشعر الناتج عن البذرة أساسا في صناعة المنسوجات القطنية وغيرها مثل الحبال والسجاد . . . الخ.

٣ - بلور قرع الكوسة

نبات قرع الكوسة Cucurbita pepo L. عشبي حولي، ينتمى الى العائلة القرعية Cucurbitaceae يزرع بالبذور للحصول على ثمارة كنوع من الخضروات. والبذرة كبيرة، منبسطة، بيضيه الشكل، مدببة عند أحد طرفيها وتختلف في لونها تبعاً للمصنف وكذلك في الشكل. تنشأ قصرة البذرة عن غلاف البويضة المنعكسة Anatropous Ovule. ويطن القصرة نسيج البريسم الذي يتألف من حوالى ست طبقات خلوية، الخلايا رقيقة الجدر فيها عدا الطبقة الخارجية فان جدرها تكون مغطاة بطبقة شمعية من الكيوتين. والانندوسبرم عبارة عن طبقة واحدة من خلايا سميكة الجدر ذات نوى كبيرة ومحتويات محبة.

والجنين في بذور القرع يتركب من سوقية جنينية سفلى بيضاوية الشكل تقريبا وقصيرة ذات جذير صغير وتنتهى قمته بفلقين سميكتين تحتويان على الغذاء الأساسى المدخر للجنين، وسوقية عليا مخروطية الشكل صغيرة جدا، محصورة بين قاعدتي الفلقتين. والانندوسبرم والبريسم شحيحان في هذه البلور، ولهذا تعتبر عديمة الانندوسبرم فمعظم الغذاء مخزن في الفلقتين السميكتين.

THE ENDOSPERMIC SEEDS

البذور الاندوسبرمية

١ - بذرة الخروع

نبات الخروع *Ricinus communis L.* ينتمي الى العائلة السوسبية *Euphorbiaceae* وترجع أهميته الاقتصادية الى زيت الخروع *Castor oil* الذي يستخرج من البذور. ويستخدم هذا الزيت في نواحي مختلفة مثل صناعة البلاستيك والصابون والبويات وتزييت الآلات...

وتوجد بذور الخروع داخل ثمرة شوكية، جافة منشقة *Schizocarp*. تنشق عند النضج الى ثلاث ثمرات *Mericarps* كل منها ذات بذرة واحدة. البذرة بيضية الشكل متطاولة يتراوح طولها بين ١.٥-٨ ملليمتر، وسمكها حوالي ٨-٤ ملليمتر. القصرة لامعة مبرقشة، رقيقة وصلبة سهلة التكسر، ويشاهد الرافق *Raphe* على طول امتداد أحد سطحي البذرة العريضين. طرف البذرة الضيق يوجد عليه بسباسة *Caruncle* تخفى تحتها النقرة، ويمكن مشاهدة السرة بوضوح مجاورة للبسباسة. وتنشأ البسباسة في الخروع عن انقسامات خلايا البويضة في منطقة النقرة.

وتعتبر بذرة الخروع نموذجاً للبذور الاندوسبرمية ذات الفلقتين، حيث يوجد داخل القصرة غشاء رقيق يسمى الشفاف *Tegmen* يمثل بقايا نسيج اليونسيلة. ويتركب معظم جسم البذرة من اندوسبرم زيتي سميك أبيض اللون، وهذا الغذاء المدخر الذي يعتمد عليه الجنين خلال الانبات، يكون محاطاً بالشفاف. ويتألف الاندوسبرم من كتلتين شمعتي اللون، بينهما تجويف يتوسطه في الجنين. يتركب الجنين من فلقتين رقيقتين غير ملونتين بهما تعريق واضح، يتصلان بمحور الجنين عند الطرف القريب من البسباسة. والسويقة فوق الفلقة دقيقة جدا بين قاعدتي الفلقتين. والسويقة تحت الفلقة تنتهي بجذير صغير جدا يتجه طرفه ناحية النقرة.

ويحتوى اندوسبرم الخروع على حوالي ٥٠٪ زيت وحوالي ٢٥٪ بروتينات في صورة حبيبات ألبرون، كما يحتوى على مقدار ضئيل جدا من مادة سامة تسمى *Richinine* تبقى في الكسب بعد استخراج الزيت، ولهذا لا يصلح كسب بذور الخروع لتغذية الحيوان.

٢ - بذرة الطماطم

نبات الطماطم *Lycopersicon esculentum Mill.* ينتمي الى العائلة الباذنجانية *Solanaceae* وهو نبات عشبي يزرع للحصول على ثماره. توجد البذور داخل ثمرة طرية عنبية *Berry*. البذور بيضاوية الشكل رقيقة وصغيرة كلوية الشكل، قطرها حوالي ٣ ملليمترات ذات قصرة بنية اللون مصفرة يغطي سطحها بتركيب رفيعة فضية اللون تشبه الشعور

أو الحراشيف (شكل ٧-ب) تمثل بقايا الجدر الجانبية لخلايا البشرة الخارجية لغلاف البويضة. خلال مراحل تكشف القصرة تستطيل خلايا البشرة في الاتجاه الشعاعي بضع مرات مثل قطرها الأصلي، كما يزداد سمك جدرها الداخلية بدرجة كبيرة وكذلك الأجزاء القاعدية من الجدر الجانبية. وعند نضج البذرة تنكسر الجدر الخارجية وتبقى الجدر الجانبية السميكة في صورة شعور وحراشيف.

وتنشأ قصرة البذرة عن غلاف البويضة الوحيد. والبذرة الناضجة الطرية تحاط بغلاف لحمي Aril ينشأ عن الطبقات الخارجية لغلاف البويضة. والجنين رقيق أبيض اللون، يشاهد مقوسا داخل البذرة محاطا بالاندوسبرم الذي يملأ بقية فراغ البذرة. يتركب الجنين من فلتين رقيقتين رفيعتين تنطبقان على بعضهما من السطح العلوى مكونتين قمة ملتفة، أو تنفرجان وتنحنى كل منهما في اتجاه مضاد للأخرى.

والسويقة تحت الفلقية تمثل الجزء الأكبر من الجنين وتنتهى بالجذير. أما السويقة فوق الفلقية فهي دقيقة ترقد بين قاعدتى الفلتين.

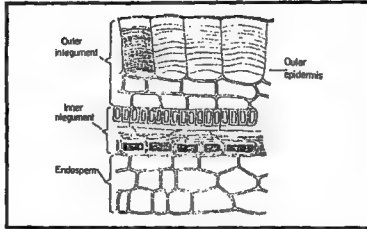
٣ - بذرة بنجر السكر

نبات بنجر السكر *Beta vulgaris* L. يتسمى الى العائلة الرمامية *Chenopodiaceae* يمثل المصدر الثاني للسكر في العالم حيث يبلغ مقدار السكر الناتج من جنوره حوالى ٣/١ ماينتج عن نبات قصب السكر *Saccharum officinarum*

والبذرة صغيرة كلوية الشكل رقيقة لامعة، لونها بنى محمر، تنشأ عن غلافى البويضة *Integuments*. سطح القصرة يغطى بطبقة سميكة من الكيوتين. ويتركب جنين البذرة من فلتين لحميتين متطاولتين يمثلان جزؤه الأكبر وسويقة تحت فلقية تنتهى بالجذير. السويقة دقيقة جدا تكون محاطة بقاعدتى الفلتين. والجنين يكون مقوسا بداخل البذرة، يحيط بنسيج البريسرم الذي يمثل النسيج الاختزانى الأساسى للجنين. والاندوسبرم يكون في صورة طبقة واحدة تحيط بطرف السويقة تحت الفلقية.

وتغتل خلايا البريسرم بحبيبات نشا كبيرة الحجم، بينما خلايا الجنين تمثل بمواد بروتينية وزيتية.

الثمرة في بنجر السكر هي التي تزرع عند انتاج نباتات بنجر السكر، وهي محاطة بغلاف جامد، بنى فاتح اللون نوعا، يمثل كأس الزهرة التي يستديم ويزداد في الحجم. وتحتوى الثمرة على ٢-٣ بذور.



(شكل ٨): قطاع عرضي في جزء من بذرة نبات الكتان الناضجة مبينا مكونات القصرة - لاحظ الطبقات المتتالية من المواد المخاطية الموجودة في خلايا البشرة: ١- البشرة، ٢- طبقتان من خلايا بينهما مسافات بينية، ٣- طبقة من الألياف، ٤- ٥- بضع طبقات من خلايا رقيقة الجدر غير ملونة (الخلايا المتعامدة)، تحطم عند نضج البذرة، ٦- الطبقة الملونة من صف واحد من الخلايا وهي آخر طبقات القصرة.

٤ - بذرة الكتان

نبات الكتان *Linum usitatissimum* L. ينتمي الى العائلة الكتانية Linaceae وهو أهم نباتاتها من الناحية الاقتصادية، حيث يستفاد من ألياف الساق في صناعة الاقمشة الكتانية والدوبارة وشباك الصيد وغيرها. الزيت المستخرج من البذور Lin seed Oil يعتبر من أهم الزيوت المستخدمة في صناعة البويات وجبر الطباعة، كما يستخدم أيضا في التغذية.

ثمرة الكتان علبة Capsule صغيرة تكاد تكون كروية الشكل، يتراوح قطرها بين ٧-٥ ملميمتر، تحتوي بداخلها على عشرة بذور. البذور بيضاوية الشكل متطاولة أحد طرفيها مستدير والأخر مدبب، طولها ٦-٤ ملميمتر وعرضها ٣-٢ ملميمتر. قصرة البذرة، لامعة ملساء، ذات لون بني داكن أو مصفر. وتوجد المادة الملونة في طبقة البشرة الداخلية لقصرة البذرة وهي التي تحدد لون البذرة. وخلايا البشرة الخارجية للقصرة ممتلىء بمواد مخاطية (شكل ٨) وتغطي الخلايا بطبقة من الكيوتين. وتنشأ القصرة عن غلاف البويضة، وتوجد السرة عند الطرف المدبب للبذرة داخل تجويف بسيط.

ويمتد الرافق في صورة خط مصفر اللون على حافة البذرة بين السرة والطرف المستدير.

وجنين البذرة مستقيم يحيط به اندوسبرم ضيق. يتركب الجنين من محور جنين عبارة عن سويقة تحت فلقية تنتهي بجذير دقيق، وفلقتين سميكتين خازنتين لجزء من الغذاء المخدّر، كل منهما بيضيه الشكل وأكثر اتساعا من السويقة تحت الفلقية. والسويقة العليا

دقيقة جدا تشاهد بين قاعدتي الفلقتين. والجنين والاندوسبرم يحتويان على زيت ويريوتينات في صورة حبيبات ألبيرون. تبلغ نسبة الزيت في البذرة حوالى ٣٠-٤٠٪ والبروتين حوالى ٢٥٪ والمادة المخاطية حوالى ٧٪ ومقدار ضئيل من مادة سامة تسمى لامينارين Laminarin. لا يوجد نشا في البذور تامة النضج.

تركيب البذور ذات الفلقة الواحدة

STRUCTURE OF MONOCOTYLEDONOUS SEEDS

رغم أن الجنين في ذوات الفلقة الواحدة يتنوع في شكله وتركيبه، فإن المحور يشبه أساسا نظيره في ذوات الفلقتين. يتركز الفرق الرئيسى بين ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة في عدد الفلقات. ومع هذا، فإن بعض أجناس ذوات الفلقتين، كما في ثمانية أجناس من العائلة الخيمية Apiaceae له فلقة واحدة وبعض ذوات الفلقة الواحدة له فلقة ثنائية أثرية أو مختزلة.

كثيرا ما يحدث تحورات في الفلقة خلال مراحل الانبات. والغالبية العظمى من بذور ذوات الفلقة الواحدة اندوسبرمية، القليل منها غير اندوسبرمية مثل العائلة الأوركيدية Orchidaceae والألزيمة Alismaceae والزلفية Potamogetonaceae.

١ - بذرة البصل

نبات البصل Allium Cepa ينتمى الى العائلة النرجسية Amaryllidaceae ويزرع للحصول على أبصاله كغذاء طازج فضلا عن استخدامه في الطهى والسلطة والتجفيف. توجد البذور داخل ثمرة مفتحة على Capsule تتركب من ثلاث مساكين يحتوى كل منها على بذرة أو بذرتين. البذور صغيرة سوداء اللون غير منتظمة الشكل تكون محدبة من جهة ومستوية نوعا من الجهة المقابلة. قصرة البذور تكون جامدة مجمدة سوداء اللون يرجع اللون الى وجود حبيبات بنية اللون داكنة جدا في خلايا بشرة القصرة ذات الجدر السميكة. توجد هذه الحبيبات أيضا في الخلايا المجاورة. توجد السرة كندبة غائرة في أحد أركان السطح المستوي للبذرة. وطبقة البريسبرم Perisperm والتي تبطن القصرة تكون شفافة، وتمتلئ البذرة بالاندوسبرم القرنى الجامد، حيث يوجد جنين البذرة معطورا فيه. خلايا الاندوسبرم حية جدرها زائفة السمك تتركب بصفة أساسية من الميميسيليلوزات، تمثل الغذاء المدخر للجنين وتحتوى هذه الخلايا على قطرات من الزيت بالإضافة للبروتينات.

وجنين البذرة شمعى اللون، أسطوانى مقوس أو هلالى الشكل، أو على هيئة دائرة يبلغ طولها حوالى ٦ مم وقطرها حوالى ٤ مم ويتركب الجنين من فلقة واحدة تمثل جزءه

الأكبر، طرفها مستدير نوعا، وقاعدتها محوفة تحيط بالريشة عند قاعدة الفلقة، وتوجد فتحة طويلة ضيقة تخرج منها الورقة الأولى الخضراء عند الانبات. والسويقة تحت الفلقة قصيرة، ومعظم جسم الجنين يتركب من الفلقة التي تنشأ عند القصرة الفلقية للساق القصيرة.

والسويقة فوق الفلقة تكون محاطة بالجزء القاعدى من الفلقة وقد تحمل بداية ورقة *Leaf primordium* صغيرة. وطرف الفلقة يظل مطمورا في الاندوسبرم خلال الانبات فترة من الزمن، يفرد انزيمات هاضمة للاندوسبرم كما يمتص الغذاء المضموم وينقله الى أجزاء الجنين النامية خلال الانبات. وأخيرا يظهر فوق سطح التربة ويخضر لونه ليقوم بعملية البناء الضوئى.

٢ - تركيب حبوب الغلال

الغلال *Cereals* اصطلاح يطلق على عدد من نباتات العائلة النجيلية التي تزرع للاستفادة من حبوبها في تغذية الانسان والحيوان. ويعتبر القمح والذرة والأرز والذرة الرفيعة والشعير والشوفان أكثر نباتات الغلال أهمية للانسان وحيواناته. وتضم العائلة النجيلية *Poaceae* حوالى ١٥٠٠ نوع من النباتات، ولا توجد عائلة أخرى تفوقها من الناحية الاقتصادية.

ثمرة الغلال جافة، غير منفحة تسمى بره *Caryopsis* أوحبة، تنشأ عن مبيض زهرة يحتوى على بويضة واحدة ذات غلافين. ولهذا، فإن الثمرة تحتوى على بذرة واحدة اندوسبرمية. أثناء مراحل تكوين الثمرة، يتحطم غلafa البويضة وتلتحم بقاياها مع جدار المبيض وينشأ غلاف واحد يسمى غلاف الثمرة. والنيوسيلة قد يمتص معظمها خلال نضج الحبة، وقد تكون غائبة كليا عند النضج، وقد تبقى منها بقايا متحطمة.

والاندوسبرم يشغل معظم الحبة، تغلفه طبقة من خلايا حية تسمى طبقة الأليرون *Aleurone layer*. تتألف هذه الطبقة من صف واحد من الخلايا كما في القمح *Triticum spp.* (شكل ٦) أو من صفين كما في الشوفان *Avena sativa* وهذه الخلايا منتظمة الشكل ذات جدر سمكية نوعا، تشاهد مستطيلة أو مربعة في القطاع العرضى للجنة. وتحتوى خلايا طبقة الأليرون على معظم بروتين الحبة مخزونا في صورة حبيبات بسيطة التركيب، تتألف من كتلة بروتينية يغلفها غشاء بروتيني كثيف تسمى حبيبات الأليرون. خلايا الاندوسبرم بارنكيمي ذات جدر سمكية ممثلة بحبيبات النشا. وفي بعض الحبوب، مثل الذرة *Zea mays* تتميز منطقتان في الاندوسبرم تختلفان في الحجم وشكل حبيبات النشا ونسبة البروتين ودرجة الصلابة.

والجنين يشغل حيزا ضئيلا من الحبة، يرقد عند قاعدة السطح السفلى للحبة، خلاياه غنية بالزيوت والبروتينات وبها مقادير من السكريات. ويبلغ مقدار الزيت في جنين الذرة مثلا، حوالي ٦٪.

والجنين يحتوى على فلقة واحدة، يختلف العلماء في تحديد الجزء أو الأجزاء التي تمثلها. فيرجح البعض أنها تتركب من جزئين أحدهما يسمى القصة Scutellum والآخر غمد الريشة Coleoptile. وطبقا لهذا الرأي، فإن الفلقة في النجيليات تصبغ مقابلة لمثلثاتها في ذوات الفلقة الواحدة من حيث احتوائها على جزء ماص وهو القصة وجزء مغلف للريشة وهو غمد الريشة. ويرى علماء آخرون أن الفلقة هي القصة فقط، أما جزء محور الجنين الذي يقع بين العقدة الفلقية Cotyledonary Node حيث تصل الفلقة بمحور الجنين، وعقدة غمد الريشة Coleoptile Node فهو عبارة عن سلامة قصيرة يمكن اعتبارها السلامة الأولى ويطلق عليها أحيانا لفظ السويقة الوسطى Mesocotyl وهي ناتج التحام جزء من الفلقة مع السويقة السفلى. في بعض الغلال، يوجد على جانب محور الجنين، المقابل للقصة، زائدة صغيرة من خلايا بارنكيميائية تسمى اببلاست Epiblast تكون واضحة جدا في بعض الأنواع.

والقصة هي أكبر أجزاء الجنين، شمعية اللون سميكة، تشبه في شكلها الدرع، تبقى دائما داخل الحبة. والطبقة السطحية للقصة والملاصقة للاندوسبرم تسمى الطبقة الطلائية Epithelium تتركب من صف واحد من خلايا حية تقوم بافراز إنزيمات هاضمة للاندوسبرم خلال الانبات، كما تمتص الغذاء المهضوم وتنقله إلى جسم القصة ومنها خلال النسيج الوعائي بها إلى محور الجنين. والريشة تكون محاطة بغلاف غروطي الشكل يسمى غمد الريشة Coleoptile. تتركب الريشة من مرستيم قمى يحيط به بضع أوراق أولية ويكون الجذير محاطا بغلاف يسمى غمد الجذير Coleorhiza (شكل ٦).

ويحتوى الجنين على جهاز وعائى أولى يوجد في القصة ويمتد منها إلى محور الجنين، عبر السويقة الوسطى، في الجذير وغمد الريشة وبعض البدايات الورقية. يقوم هذا الجهاز بنقل المواد الذاتية الممتصة من الاندوسبرم إلى بقية أجزاء الجنين خلال الانبات. بالإضافة إلى الجذير، توجد عادة بدايات جذور عرضية جنينية Seminal Roots تخرج من محور الجنين فوق مستوى الجذير، يختلف عددها تبعا للنوع.

حبة الذرة الشامية

نبات الذرة الشامية Zea mays من العائلة النجيلية Poaceae يزرع لأهميته الاقتصادية كغذاء للإنسان وعلائق للحيوان والدواجن.

وحبة الذرة مستديرة نوعاً أو وتدنية الشكل ، يختلف لونها تبعاً للصنف . يوجد بطرف الحبة الضيق عتق قصير اسفنجي ، يمثل بقايا عتق السنبيلة Spikelet التي تكونت عنها الحبة . تتركب السنبيلة في النورة المؤنثة للذرة من زهرتين ، العليا خصبة والسفلى مختزلة .

والحبة ذات سطحان عريضان يشاهد في أحدهما انخفاض طولي يضاوي الشكل يحدد موضع الجنين . ويتميز على الطرف العريض للحبة ندبة صغيرة تمثل بقايا قلم الزهرة التي نشأت الحبة عن مبيضها . وتتركب الحبة الناضجة من غلاف الحبة الذي يشمل جدار الثمرة وبقايا غلاف البويضة والنيوسيلة والاندوسبرم والجنين .

ويضم غلاف الحبة Hull جدار الثمرة وبقايا غلاف البويضة يبطنها بقايا النيوسيلة في صورة غشاء عظم يقع ملاصقاً لطبقة الأليرون .

وطبقة الأليرون Aleurone Layer تتركب من صف واحد من خلايا حية مكعبة الشكل ، ذات نوى كبيرة ، سميكة الجدر تحتوي على معظم البروتين الموجود في الحبة ، وأحياناً تكون بعض مناطقها صفي من الخلايا . هذه الطبقة تغلف الاندوسبرم وتمثل إحدى مكوناته .

والاندوسبرم في حبة الذرة يمثل جزؤها الأكبر ، حوالي ٨٢٪ من وزن الحبة ، خلاياه غير حية ، رقيقة الجدر ، خازنة للمواد المدخلة للجنين أثناء الانبات معظمها حبيبات نشأ .

تتميز في الاندوسبرم نوعان ، أحدهما الاندوسبرم القرنى Horny Endosperm يقع ملاصقاً لطبقة الأليرون ، وهو جامد لامع في مظهره ، خلاياه أصغر حجماً من الأخرى الموجودة وسط الحبة .

وحبيبات النشا معظمها عديد الأضلاع . تحتوي هذه الخلايا على مقدار من البروتين أكبر مما تحتويه خلايا الاندوسبرم النشوى . والنوع الثاني هو الاندوسبرم النشوى Starchy Endosperm يقع الى الداخل من الاندوسبرم القرنى ، أبيض اللون ، دقيق المظهر خلاياه كبيرة الحجم ، حبيبات النشا فيها مستديرة غالباً ذات سرة وسطية واضحة وتختلف نسبة كل من الاندوسبرم القرنى والنشوى في الحبة تبعاً للصنف .

وجنين حبة الذرة مستقيم يوجد راقداً خارج الاندوسبرم على الجانب الأمامي للحبة وقريباً من قاعدتها يحميها غلاف الحبة . ويمثل الجنين حوالي ١٢٪ من الوزن الجاف للحبة ، وهو غنى بالزيوت حيث تصل نسبة الزيت فيه الى حوالي ٦٪ ، والقصعة Scutellum أكبر أجزاء الجنين بيضاء اللون تشبه في شكلها الدرع وتحيط حافتها جزئياً بمحور الجنين . وتتركب القصعة من نسيج من خلايا بارونيمية ، سطحها الملاصق للاندوسبرم عبارة عن طبقة من صف واحد من خلايا طلائية ، تتميز بشكلها الأسطوانى

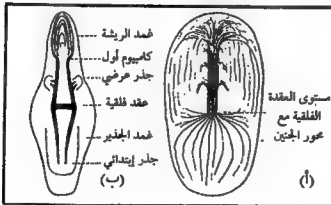
وجدرها الرقيقة، ومحتوياتها البروتوبلازمية الكثيفة ونواتها الواضحة. يتميز في الطبقة الطلائية Epithelium فيها عدا جزؤها الطرفي، تجاوبف تختلف في العمق والاتساع على هيئة أقساع أو شقوق ضيقة أو انخفاضات غير عميقة، تكثر على الجزء العلوى من السطح الملاصق للاندوسبرم وعلى جناحي القصعة تغلفها الخلايا الطلائية.

والريشة Plumule تكون محاطة بغمد الريشة Coleoptile وهو تركيب مخروطى الشكل يمتد فيه حزمتان وعائيتان، واحدة عند كل من جانبيه تتصلان ببقية النسيج الوعائى لمحور الجنين. والمنطقة الواقعة بين العقدة الفلقية وعقدة غمد الريشة عبارة عن عنق واضح يسمى أحيانا السويقة الوسطى Mesocotyle والتي يرى البعض أنها تعتبر السلامة الأولى في الجنين، وتتميز بوجود مرستيم بينى عند قمتهما تحت مستوى عقدة غمد الريشة.

والجذير يكون محاطا بغمد الجذير Coleorhiza يغطى طرفه بقلنسوة واضحة. وغمد الجذير عبارة عن تركيب من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر وخال من الانسجة الوعائية.

وتتركب الريشة من مرستيم قمى يحيط به حوالى خمس وريقات جنينية Embryonic Leaves بالإضافة الى بدايات الأوراق. وغمد الريشة يكون مغلقا فيها عدا فتحة صغيرة عند قمته. ويوجد بدايتا جذران عرضيان جنينيان Seminal Adventitious Roots وأحيانا أكثر يخرججان من محور الجنين فوق مستوى العقدة الفلقية مباشرة. ويوجد للجذير جهاز وعائى متميز، بالإضافة الى القلنسوة Root Cap.

والجهاز الوعائى في جنين الذرة Zea يتركب جزئيا من حزمة وعائية رئيسية تمتد في القصعة وتتفرع على طول امتدادها الى فروع دقيقة. وفي الجزء القاعدى من الفلقة، توجد عدة فروع وعائية تمتد من الحزمة الوعائية الرئيسية في اتجاه قاعدة الفلقة، تبدو مثل ضلوع المروحة. والحزم الوعائية في الفلقة تلتقى معا عند مستوى العقدة الفلقية وتمتد منها الى داخل محور الجنين حيث تلتقى مع نسيجه الوعائى (شكل ٩)



شكل (٩):

- ١ - رسم تخطيطى لمنظر أمامى للقصعة في حبة الذرة يوضح تركيب الجهاز الوعائى بها.
- ب - رسم تخطيطى لمنظر أمامى لمحور جنين الذرة يوضح تركيب جهازه الوعائى.

الفصل الرابع

GERMINATION OF SEEDS

إنبات البذور

- بذور ذوات الفلقتين
 - * بذرة القطن
 - * بذرة الطماطم
- بذور ذوات الفلقة الواحدة
 - * بذرة البصل
 - * بذرة البليح
 - * حبة الذرة.

الفصل الرابع

اجيشت البسذور

GERMINATION OF SEEDS

تحتوى البذور الناضجة الحية على غذاء مدخر يستخدمه الجنين خلال الانبات .
يخزن هذا الغذاء في الاندوسبرم كما في الطاطم والذرة ، أو في البريسبرم كما في بنجر
السكر وبيروميا Peperomia أو في الفلقات كما في الفاصوليا والبازلاء .
في كثير من النباتات المائية عديمة الاندوسبرم او التي يكون فيها الاندوسبرم شحيحا ،
يخزن الغذاء في السويقة تحت الفلقية وتصبح متضخمة ، كما في العائلة
Potamogetonaceae والفربيينا Verbenaceae والشوكية Cactaceae . والعائلة الأوركيدية
تتميز بعدم احتواء بذورها على غذاء مخزون للجنين ، ولهذا تمثل طرازا خاصا في تركيب
البذور وانباتها .

وتؤدى عملية الانبات الى تكوين بادرة Seedling جنين البذرة . ويطلق لفظ البادرة
على النبتة الصغيرة الناتجة عن جنين البذرة ابتداء من ظهور أى جزء من أجزاء الجنين
خارج القصرة حتى المرحلة التي تصبح فيها قادرة على تجهيز غذائها بواسطة أعضائها .
البادرة العادية ، طبقا للقواعد الدولية لاختبار البذور ، هي القادرة على تكوين نبات
عادى اذا ماكانت تنمو تحت ظروف عادية . هذه القدرة على استمرار النمو تتوقف على
مدى سلامة قيام أجزائها بوظائفها خلال الانبات . وتنحصر خطوة الانبات الاولى في
تشرّب أنسجة البذرة الداخلية للواء الأمر الذي يؤدى الى زيادة ملحوظة في حجم البذرة
تتراوح بين ٢٥-٢٠٪ ، كما تصبح قصرة البذرة ، تبعاً لذلك ، لينية . وزيادة نسبة الماء في
القصرة تتبعها زيادة ملحوظة في درجة نفاذيتها للأكسجين وثانى أكسيد الكربون ،
ويصبح غرقها ميسورا بزيادة حجم البذرة . بارتفاع نسبة الماء في خلايا البذرة تنشط
الانزيمات فيها ، وفي البذور الاندوسبرمية تنتقل هذه الانزيمات من الجنين الى
الاندوسبرم . الغذاء المدخر سواء كان في الاندوسبرم او البريسبرم أو الفلقات يهضم

بواسطة الأنزيمات وتنقل المواد الذائبة الناتجة عن عملية الهضم الى مناطق النمو في الجنين حيث تستخدم في عمليات انقسام الخلايا واستطالتها لتكوين الباردة. وتقرق القصرة خلال الانبات يحدث نتيجة لزيادة حجم الجنين أو أجزاء محددة منه مثل الجذير أو السويقة تحت الفلقية أو غمد الريشة.

ويستدل على حدوث الانبات باختراق أى جزء من الجنين لقصرة البذرة. لا توجد قاعدة عامة يستدل بها على جزء الجنين الذي يظهر أولا خارج القصرة، وإن كان في كثير من البذور يكون الجذير هو أول أجزاء الجنين ظهورا عند الانبات. في بعض النباتات تكون الفلقة هي أول الأجزاء ظهورا كما في البلح *Phoenix dactylifera* أو مزمار الراعى *Alisma plantago* أو *Butomus unbellatus* وهما من العائلة الأرزمية، أو غلاف الجذير *Coleorhiza* كما في الذرة *Zea mays* والشوفان *Avena sativa*. في نبات تراديسكانتا *Tradescantia* تكون الفلقة مطمورة في الأندوسبرم، غير أن جزء الجنين الذي يظهر أولا خارج البذرة هو غلاف الريشة والذي يكون متصلا جزئيا بالفلقة وجزئيا بالسويقة تحت الفلقية. قد تكون السويقة تحت الفلقية، كما في بعض أنواع جنس *Peperomia* هي الجزء الذي يظهر أولا خارج القصرة الممزقة.

وتبعاً لما تقدم، يمكن تعريف الانبات في البذور بأنه مجموعة من الخطوات المتتابعة التي تؤدي الى تشييط عمليات التحول الغذائي في بذرة حية، ذات محتوى مائي منخفض ينتج عنها تكوين البادرة من جنين البذرة. يستدل على الانبات بتمزق القصرة وظهور أى جزء من الجنين، خارج البذرة، والذي يكون الجذير غالباً.

تنبت بذور الكثير من النباتات بمجرد نضجها وانفصالها عن النبات اذا كانت الظروف البيئية ملائمة لها. فمثلاً، تنبت بذور البازلاء *Pea* أحياناً وهي لا تزال داخل الثمرة، وقد تنبت حبوب الذرة *Zea* وهي مازالت متصلة بالكوز على النبات، وكثيراً تنبت بذور الموالح وهي لا تزال داخل الثمرة. في البرسيم الحجازى *Medicago* تنبت العديد من البذور داخل القرن حلزوني الشكل، وفي جنس *Inga* يسقط الجنين من القرن وينبت في التربة عندما يفتح القرن. وعلى العكس من ذلك، لا تنبت بذور أنواع أخرى من النباتات الا بعد انقضاء فترة من الزمن تتراوح بين أسابيع أو شهور أو سنوات، رغم ان الظروف البيئية تكون مناسبة للنباتات. وترجع أسباب ذلك الى عوامل داخلية في البذرة مثل الاجنة البدائية أى غير مكتملة التكوين، أو الساكنة، أو عدم نفاذية القصرة للماء والغازات، وتسمى هذه الحالة بالسكون *Dormancy* في البذور. في كثير من أنواع النباتات، رغم أن الجنين يكون مكتمل التكوين عند نضج البذرة، فإن البذرة لا تنبت رغم توفر ظروف الانبات. يرجع ذلك الى عوامل فسيولوجية داخل

الجنين، كما هو الحال في بذور التفاح والخوخ والايريس . والانبات في هذه البذور يحدث بعد مرور فترة ما بعد النضج After-ripening تحدث خلالها تغيرات فسيولوجية في الجنين تجعله قادرا على النمو وتكوين بادرة، كما قد يحدث خلالها أيضا تغيرات في طبيعة قصرة البذرة، وقد تستغرق هذه الفترة بضعة شهور أو سنة أو أكثر .

وتختلف البذور بدرجة كبيرة في مدى احتفاظها بقدرتها على الانبات وتكوين البادرة تبعا لنوع النبات وظروف البيئة التي تتعرض لها خلال التخزين . عادة، تتراوح الفترة التي تحتفظ خلالها بذور معظم الحاصلات الحقلية بقدرتها على الانبات ما بين سنة وثلاث سنوات . هناك بذور تفقد قدرتها على الاثبات أى حيويتها Viability خلال أسبوع مثل الاسفندان Acer Saccharinum والصفصاف Salix . وبذور أشجار المطاط من جنس هيفيا Hevea والشاي Tea وقصب السكر تفقد حيويتها في أقل من عام .

وتنصف البادرات تبعا لوضع الفلقات عند الانبات الى نوعين :

١ - الانبات الهوائى Epigeal Germination وفيه تظهر الفلقات فوق سطح التربة نتيجة لنمو السويقة الجنينية تحت الفلقة، وعادة تقوم الفلقات بعملية البناء الضوئى . وانبات معظم بذور النباتات ذات الفلقتين هوائى . في هذا النوع ينمو طرف الجذر والسويقة السفلى بسرعة، وتؤدى استطالتها الى سحب الفلقات من أغلفة البذرة . وفي ذوات الفلقة الواحدة التي يكون الجذر الأصل فيها ضعيفا أو غير متكشف، تتكون شعور جذرية عند قاعدة السويقة .

٢ - الانبات الأرضى Hypogeal Germination وفيه تبقى الفلقات تحت سطح التربة أثناء عملية الانبات محاطة بالقصرة، نتيجة لعدم استطالة السويقة تحت الفلقة . ولقد وجد أن انبات معظم البذور ذوات الفلقة الواحدة يكون أرضيا . والعائلة الفراشية من ذوات الفلقتين تتميز بتنوع انبات بذورها . والريشة Plumule تكون أكثر نموا وتكشفا في البذور ذات الانبات الأرضى عنها في نظيرتها ذات الانبات الهوائى .

وظائف فلقات الأجنسة

الفلقة، في بذور النباتات ذات الفلقة الواحدة متطاولة في شكلها، غالبا ذات قاعدة مغلفة للريشة، وقد يتنوع شكلها في نفس العائلة كما في العائلة النخيلية Araceae والتجيلية Poaceae. وتتنوع تخصصات الفلقة في النباتات ذات الفلقة الواحدة، ومن هذه التخصصات مايتأتى :-

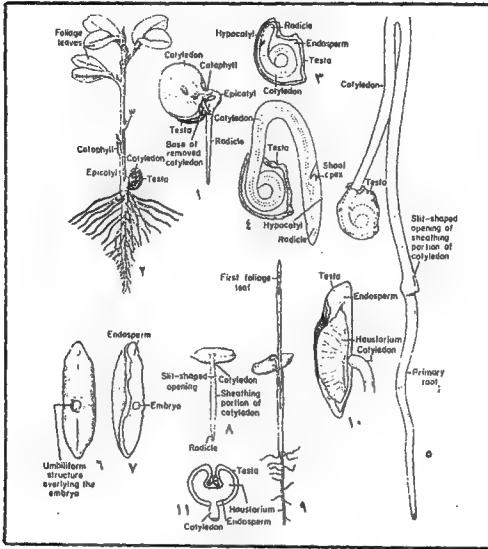
١ — الفلقة كعضو متخصص في الامتصاص توجد في كثير من عائلات ذوات الفلقة الواحدة، تمثل عضوا على التخصص في النباتات التجيلية والعائلة السعدية

Cyperaceae حيث تعدد وظائفها . وفي النجيليات تتركب الفلقة من القصعة Scutellum وغمد الريشة Coleoptile. القصعة تتخصص في افراز الأنزيمات لهضم الأندوسبرم، وتزداد الخلايا الطلائية، المخلفة لسطحها، في الحجم وتصبح صولجانية الشكل وتتغلغل بين خلايا الأندوسبرم وتغصن الغذاء الذائب لنقله الى محور الجنين (شكل ١٠). غمد الريشة يقوم بالحماية خلال الانبات وتخرج الأوراق الخضراء من فتحة عند قمته حينما تصل فوق سطح التربة . القصعة في هذه النباتات تبقى داخل البذرة وتعمل كعضو ماص .

٢ — في العائلة الزنبقية Liliaceae مثلا في جنس Paris تخضر الفلقة كلها وتقوم بعملية البناء الضوئي ولا تقوم بعملية الامتصاص . بينما في العائلة النرجسية Amaryllidaceae وفي نبات البصل Allium Cepa (شكل ١١) تقوم قاعدة الفلقة بحماية الريشة، بينما يبقى طرفها مطمورا في الأندوسبرم لفترة يقوم خلالها بامتصاص المواد الذائبة، بعد هضمها بواسطة الأنزيمات التي أفرزتها الفلقة . ينمو بقية جسم الفلقة ويظهر فوق سطح التربة مع بقايا البذرة، التي تسقط، ويخضر جسم الفلقة لتقوم بعملية البناء الضوئي . في العائلة السمارية Juncaceae يمثل طرف الفلقة الجزء الذي يبقى داخل البذرة ويتخصص في الامتصاص بينما الجزء الباقي يخضر خارج البذرة ويقوم بالبناء الضوئي



(شكل ١٠): قطاع عرضي في جزء من القصعة لجنين ذو فلقة واحدة يوضح خلايا الطبقة الطلائية خلال مرحلة الانبات .



(شكل ١١) : رسوم تخطيطية لمراحل الانبات في البنور.

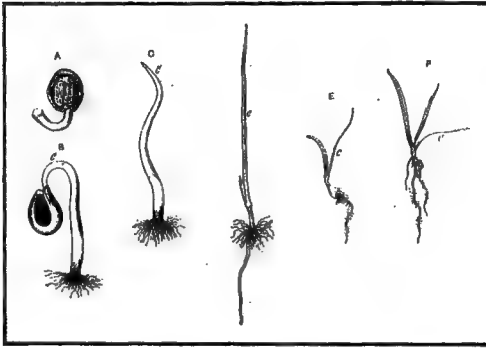
(١ ، ٢) بكرة الفول البلى

(٣ - ٥) بكرة البصل.

(٦ - ١٠) بكرة نخيل البلح.

٣ — في بذور النخيل Phoenix يتضخم طرف الفلقة المظمو في الأندوسبرم، ويعمل كعضو ماص للغذاء الذائب من الأندوسبرم، بينما ينمو باقي الفلقة خارج البذرة مكونا غلافا فلقيا لحماية الريشة الموجودة محاطة بغمدها (شكلي ١١ ، ١٢).

ولقد وجد أن طرف الفلقة الماص يختلف كثيرا في الشكل، وعادة يكون أسطوانيا أو صولجانيا، خيطيا أو كرويا إذا كان صغيرا. وطرف الفلقة الذي يبقى داخل البذرة،



(شكل ١٣): رسم تخيلي يوضح مراحل إنبات وتطور البادرة في نبات مزمار الراعى.

البذرة. وتخرج الورقة الأولى الخضراء من قمة غلاف الريشة. ويختلف هذا الطراز عن النجيليات، ويشبه ما يحدث في العائلة النجيلية.

يتضح مما تقدم أن الوظائف الرئيسية للفلقة في البذور ذوات الفلقة الواحدة تتضمن افراز الأنزيمات لهضم الغذاء المدخر وامتصاص الغذاء الذائب، والقيام بعملية البناء الضوئي، وحماية الريشة خلال الانبات، ودفعها خارج البذرة.

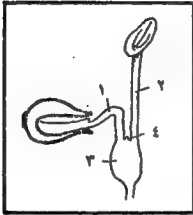
في معظم ذوات الفلقتين، تكون الفلقة عضوا بسيط التركيب، كبيرة الحجم نوعا مماثل نظيرتها المقابلة لها على محور الجنين. وخلال الانبات تصبح الفلقتان اما هوائية أو أرضية الوضع، ومعظم ذوات الفلقتين هوائية الانبات. وكثير من عائلات ذوات الفلقتين تكون بذورها خالية من الأندوسبرم مثل المركبة Asteraceae والقرعية Cucurbitaceae والصليبية Brassicaceae. وبعض العائلات ذات أجناس بذورها أندوسبرمية وغيرها عديمة الأندوسبرم مثل القرشية Fabaceae والوردية Rosaceae. ومن التخصصات الخاصة بالفلقات في بذور النباتات ذات الفلقتين مايتى :-

١ — بعض البذور عديمة الأندوسبرم مثل القول البلدى *Vicia faba* والبازلاء *Pisum sativum* وتنحصر وظيفة الفلقات في تخزين غذاء الجنين وإمداده بهذا الغذاء خلال الانبات. وبذور الفاصوليا *Phaseolus vulgaris* أيضا عديمة الأندوسبرم، وإنباتها هوائية

(شكل ١٢) ، حيث تقوم الفلقتان بإمداد الجنين بحاجته من الغذاء وتظهران فوق سطح التربة ثم تذبلان وتسقطان . وفي بعض الأحيان ، كما في الترمس *Lupinus termis* تخضر الفلقتان عند ظهورهما أعلى سطح التربة وتقومان بعملية البناء الضوئي .

٢ — في بذور الخروع والبطاطم تقوم الفلقتان بإفراز الأنزيمات التي تهضم غذاء الجنين المدخر في الأندوسبرم وامتصاص المواد الذائبة وتنقلها إلى أجزاء الجنين ، وعندما تظهر الفلقات فوق سطح التربة ، تقوم بعملية البناء الضوئي ، وفي هذه الحالة يكون شكلها بسيط بخلاف الأوراق التي تتلوها في التكشف (شكل ١٢) .

٣ — بالإضافة إلى تخصص الفلقات في تخزين الغذاء ، وامتصاصه من الأندوسبرم أو البريسبرم ، والقيام بعملية البناء الضوئي . فالفلقة في بيروميا *Peperomia peraviana* تسحب خارج البذرة وتقوم بعملية البناء الضوئي ، بينما الفلقة الأخرى تبقى في البذرة وتقوم بعملية الامتصاص ، وقد تتضخم في حالة أخرى فتشغل معظم فراغ البذرة (شكل ١٤) .



(شكل ١٤) : رسم تخيلي يوضح الإنبات في بذور بيروميا لاحظ أن إحدى الفلقتين (١) بقيت بالبذرة تعمل كمضبو ماض بينما الأخرى ، (٢) خرجت من البذرة لتقوم بالبناء الضوئي ، (٣) السويقة تحت الفلقة ، (٤) الريشة .

إنبات البذور ذوات الفلقتين

GERMINATION OF DICOTYLEDONOUS SEEDS

Cotton Seed

١ — بذرة القطن

تتركب بذرة القطن من القصرة *Testa* والجنين *Embryo* . ويخزن غذاء الجنين في الفلقتين ، وتحيط الفلقتان بالسويقة فوق الفلقة وتغلغان السويقة تحت الفلقة . يعتبر إنبات بذرة القطن هوائيا *Epigeal* لأن الفلقتان المتورقتان تظهران فوق سطح الأرض نتيجة لاستطالة السويقة تحت الفلقة . والأوراق الفلقة في القطن رقيقة كلوية الشكل خضراء تقوم بعملية البناء الضوئي .

خلال نمو السوقية تحت الفلقية الى أعلى يكون طرفها في أول الأمر منحنيًا ليحمي الريشة، التي تكون بين قاعدتي الفلقتين. وعندما تظهر السوقية فوق الفلقية أعلى سطح التربة، يستقيم جزؤها الطرفي وتنفرج الفلقتان لتظهر الريشة Plumule حيث تتعرض للضوء والهواء. وخلال هذه المراحل من الانبات ينمو الجذر Radicle خلال نقير البذرة ليتكون عنه الجذر الابتدائي Primary root كما تنمو الريشة مكونة الأوراق الأولى الخضراء للنبات.

Tomato Seed

٢ - بذرة الطماطم

بذرة الطماطم اندوسبرمية، تتركب من القصرة والجنين محاطا بالاندوسبرم، وتعتبر السوقية تحت الفلقية أكبر أجزاء الجنين. يجرن غذاء الجنين في نسيج الاندوسبرم. وخلال الانبات تقوم الفلقتان بامتصاص الغذاء اللازم للجنين من الاندوسبرم بعد تحويله الى غذاء مهضوم. وعندما تظهر السوقية تحت الفلقية فوق سطح التربة تنفرج الفلقتان بعد أن تتحررا من القصرة بنفاد الاندوسبرم، وتكبران وتقومان بعملية البناء الضوئي. وخلال الانبات أيضا ينمو الجذر مكونا الجذر الابتدائي، كما تنمو الريشة مكونة المجموع الخضرى للنبات. وانبات بذور الطماطم يشبه إنبات بذور الخروج والكتان والخس Lactuca sativa وغيرها من بذور كثير من النباتات ذات الفلقتين في كون إنباتها هوائية.

انبات البلور ذوات الفلقة الواحدة

GERMINATION OF MONOCOTYLEDONOUS SEEDS

Onion Seed

١ - بذرة البصل

تتركب بذرة البصل من القصرة والجنين مطمورا في الاندوسبرم. وتعتبر الفلقة Cotyledon أكبر أجزاء الجنين، والسوقية السفلى قصيرة، أما العليا فهي محاطة بالجذء القاعدى من الفلقة وتحمل بداية برعم. انبات بذور البصل هوائية، يبدأ بنمو الجزء الأوسط القاعدى من الفلقة الأمر الذي يؤدى الى ظهور الجذر مخترقا قصرة البذرة عند النقيز، يتلوه السوقية تحت الفلقية. يتبع هذه المرحلة ظهور الفلقة ماعدا طرفها الذي يبقى داخل البذرة مطمورا في الاندوسبرم ويعمل كعضو ماص لافراز انزيمات تهضم الغذاء المدخر في الاندوسبرم وامتصاص الغذاء المهضوم ونقله الى باقى اجزاء الجنين من خلال النسيج الوعائى الذي يمتد في الفلقة ويبقى اجزاء الجنين (شكل ١١).

وبتقدم الانبات، ينمو الجذر الى أسفل ويستمر جزء الفلقة الخارجى أيضا في النمو

منجها الى أعلى . ويؤدى ذلك الى تكوين انثناء حاد على شكل ركة Knee ، أحد طرفية تمتد الى داخل البذرة والأخر يصل حتى العقدة الفلقية حيث قاعدة الفلقة تحيط بالسويقة تحت الفلقية . ويؤدى استمرار النمو في جزئى الفلقة الى ظهور الركبة فوق سطح التربة . ثم يحدث بعد ذلك اختلاف في معدل نمو طرفى الفلقة حيث ينمو الجزء المتصل بالسويقة تحت الفلقية أسرع من نظيره الموجود داخل البذرة . ونتيجة للنمو غير المتماثل ، يسحب طرف الفلقة الموجود داخل البذرة الى خارج التربة وقد يحمل معه بقايا البذرة . وبعد أن يظهر على سطح التربة ينحصر لونه مع بقية جزء الفلقة الموجود فوق السطح ، ويقوم بعملية البناء الضوئى . خلال نمو الفلقة ، تنمو الريشة وتخرج الأوراق من الفتحة الطولية الموجودة قريبا من قاعدة الفلقة الغمدية ، وتتبعها باقى الأوراق بالتبادل . وعمليات النمو التي تحدث في الفلقة والريشة يسايرها نمو في الجذر مكونا الجذر الابتدائي وتتكون عليه الشعيرات الجذرية ، وينشأ جذران عرضيان أو ثلاثة عند قمة السويقة السفلى . أما محور الساق الذي تنمو منه الأوراق ، يكون قصيرا بطيء النمو . ويؤدى تجمع قواعد الأوراق حوله الى تكوين البصلة Bulb.

٢ — بذرة البلح

Date Palm Seed

نبات البلح *Phoenix dactylifera* من العائلة النخيلية *Arecaceae* يزرع أساسا لشماره التي تؤكل كغذاء . وبذرة البلح ، تنشأ عن بويضة ذات غلاف واحد . البذرة أسطوانية الشكل ، مستطيلة ضيقة جامدة يبلغ طولها حوالى بوصة ، تغطى بقصرة رقيقة ذات لون بنى تلتصق تماما بالأندوسبرم . وأحد سطحى البذرة مستدير نوعا يوجد في وسطه تقريبا انخفاض صغير جدا مستدير يحدد موضع الجنين داخل البذرة . أما السطح الآخر للبذرة فيتميز بوجود تجويف طولى مغطى بشعور جافة .

والأندوسبرم قرنى جامد نصف شفاف خلاياه سميكة الجدر يشغل حيز البذرة عدا جزء ضئيل يشغله الجنين الذي يوجد تحت القصرة ، ويتعلم تمييز أجزائه بالعين المجردة . ويتركب الجنين من فلقة واحدة تميل الى الشكل المخروطى ، ينشأ عن قاعدتها غلاف يحيط بمحور الجنين يسمى غلاف الفلقة *Cotyledonary sheath* كما تحاط الريشة أيضا بغلاف آخر يسمى غمد الريشة *Coleoptile*.

وانبات بذرة البلح أرضى *Hypogeal* (شكل ١١) ويستغرق فترة طويلة . وأول أجزاء الجنين ظهورا من البذرة هو الجزء القاعدى من الفلقة الذي يسمى غلاف الفلقة ، يحتوى بداخله على الريشة التي تكون محاطة بغمدتها وكذلك الجذير ، ليضع محور الجنين في المستوى الملازم للنمو . الجزء الآخر من الفلقة يظل داخل البذرة ، يتضخم تدريجيا ،

ويقوم بإفراز الأنزيمات لازدابة الغذاء المخدخ في الأندوسبرم وامتصاصه ونقله لبقية أجزاء الجنين. وجزء الفلقة المتطاوّل الذي يقع بين طرفها الماص داخل البذرة وغلاف الفلقة يسمى عنق الفلقة Cotyledonary Stalk.

بتقدم الانبات ينمو الجذير الى أسفل مخترقا غلاف الفلقة مكونا فيها بعد الجذر الابتدائي. وخلال نفس الفترة تنمو الريشة الى أعلى محاطة بغمدها حتى تصل الى سطح التربة فيتوقف الغمد عن الاستطالة. وبعد أن يصبح غمد الريشة فوق سطح التربة تنفذ من شق طولي عند قمته، أول ورقة خضراء للبادرة تكون بسيطة، كاملة الحافة، رعيّة الشكل.

عند هذه المرحلة، يكون الأندوسبرم قد استهلك، ويلبّل العنق الفلقي ويحبف، كما يحبف ويضمّر الجزء الماص، ويحلّل في التربة. وتظهر جنود عرضية من قاعدة الريشة يتكون عنها مجموعا جذريا عرضيا.

Corn Grain

٣ — حبة الذرة

يعتبر إنبات حبة الذرة نموذجا لإنبات حبوب الغلال مثل القمح والشعير، وجميعها أندوسبرمية وإنباتها أرضى، وتقوم القصعة Scutellum خلال الإنبات بوظائفها كعضو ماص يفرز الأنزيمات لهضم الغذاء المخدخ في الأندوسبرم وامتصاص الذائب منه ونقله الى محور الجنين من خلال النسيج الوعائي.

عند الإنبات يتنفخ الجنين ويضغط على غلاف الحبة فيمزقه، ويستطيل غمد الجذير، ويدخله الجذير، متجها الى أسفل، ثم يتمزق هذا الغمد ويبرز منه الجذير الذي يستمر في النمو مكونا الجذر الابتدائي. خلال نمو الجذير، يستطيل غمد الريشة متجها الى أعلى ويدخله الريشة. ويساعد طرف الغمد المدب على المرور بين حبيبات التربة حتى يظهر فوق سطح التربة، وبذلك تكفل الحماية الكاملة لوريقات الريشة وقمتها المرستمية دون أن تتمزق.

ويساعد استطالة السوقة الوسطى، الناتجة عن نشاط المرستيم البيني الموجود تحت عقدة غمد الريشة، في دفع غمد الريشة الى خارج سطح التربة (شكل ١٢).

وعندما يصل طرف غمد الريشة الى فوق سطح التربة، تأخذ أول الأوراق الخضراء في الظهور من فتحة صغيرة عند قمته. وفي نفس الفترة يبدأ زوج الجنود الجنينية Seminal roots في النمو من المنطقة الواقعة مباشرة فوق العقدة الفلقية أي من السوقة الوسطى Mesocotyl ويتجهان الى أسفل.

وحبة الذرة تبقى دائما تحت سطح التربة ويدخلها القصعة التي يزداد حجمها

لتنمكّن من الاستفادة من جميع الغذاء المخزن حتى طرف الحبة . والغذاء المخزن في نسيج الأندوسبرم يكون كافيا لحاجة البادرة حتى تعتمد على أعضائها من مجموع خضري وجذري .

الفصل الخامس

THE ROOTS

الجلذور

- أنواع الجلذور
- مناطق الجذر
- الجلذور المتخصصة
- التكاثف بواسطة الجلذور
- الجلذور عديمة الشعيرات الجلدية
- الجلذور في النباتات المتطفلة
- العقد الجلدية

الفصل الخامس

الجذور

THE ROOTS

يتركب جسم النبات الزهرى من جزئين رئيسيين هما: المجموع الخضرى Shoot System والمجموع الجذرى Root System. المجموع الخضرى ينمو عادة فوق سطح الأرض ويتألف من الساق بما تحمله من أفرع وأوراق، بينما المجموع الجذرى ينمو عادة تحت سطح التربة. ومن الصفات الهامة التي تتميز بها الجذور عن السيقان ما يأتي:

- ١ - عدم وجود عقد وسلاميات، ولا تحمل أوراقا أو براعم أو أزهار.
- ٢ - تغطي قمة الجذر بنسيج واق لها يسمى القلنسوة.
- ٣ - وجود شعيرات جذرية متخصصة في امتصاص الماء والذائبات.
- ٤ - تنشأ جذور جانبية Lateral roots داخليا Endogenous من خلايا الطبقة المحيطة Pericycle للجذر الأب بينما تنشأ فروع الساق من مرستيمه القمى. في بعض النباتات، تنشأ براعم عرضية على الجذور وتنمو الى سيقان.

وظائف المجموع الجذرى

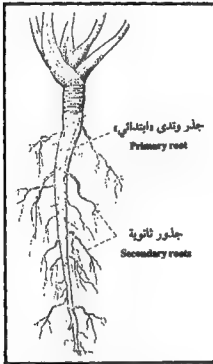
- ١ - تثبيت النبات في التربة.
- ٢ - امتصاص الماء والمواد الذائبة من التربة وتوصيلها الى ساق النبات.
- ٣ - اختزان المواد الغذائية لفترة محدودة.
- ٤ - وظائف أخرى متخصصة.

أنواع الجذور

Tap-Root System

١ - المجموع الجذرى الوتدى

تتميز الغالبية العظمى من النباتات ذوات الفلقتين بوجود جذر رئيسى يسمى الجذر الوتدى Tap-Root والذي كثيرا ما يسمى بالجذر الابتدائى Primary root (شكل ١٥).



(شكل ١٥): الجذر الوتدى وتفرعاته
الجانبية في نبات الهندباء البرى.

وينشأ الجذر عن نمو جذير جنين البذرة، ويبقى طوال حياة الغالبية العظمى من النباتات ذوات الفلقتين. يكون هذا الجذر سميكاً عند منطقة التقائه بالساق ويستدق تدريجياً تجاه الطرف. ويتألف من الجذر وأفرعه الجانبية مجموعاً جذرياً يسمى المجموع الجذرى الوتدى. الأفرع الجذرية التي تنشأ على الجذر الابتدائى وتفرعاته تترتب في صفوف رأسية، تسمى الجذور الجانبية Lateral roots. تنشأ هذه الجذور داخلها من الطبقة المحيطة للجذور الأب.

وتشاهد الجذور الجانبية مرتبة في تعاقب قمى Acropetal secession بمعنى أن أحدثها يقع أقرب ما يمكن من قمة الجذر بينما أكبرها سناً وأكثرها طولاً يكون أقرب ما يمكن للقاعدة، ونتيجة لذلك الترتيب يصبح الشكل العام للمجموع الجذرى الوتدى مخروطياً. والجذور الجانبية الناشئة من الجذر الابتدائى تسمى الجذور الثانوية Secondary Roots والتي تنشأ من الجذور الثانوية تسمى الجذور الثالثة Tertiary Roots. وبعض النباتات تتكون لها جذور رابعة وحتى خامسة أو سادسة أو سابعة. في جذور النباتات ذات الفلقتين المعمرة، يصبح الجذر الوتدى وأفرعه المسنة خشبية، وحينئذ تقوم هذه الجذور بنقل الماء والذائبات والتخزين. وبصفة أساسية تقوم بتثبيت النبات في التربة، أما عملية الامتصاص من التربة فإن الأفرع الجذرية الصغيرة ذات النمو الابتدائى هي التي تمثل مراكزها الرئيسية.

والجذور المختصة بالامتصاص تكون صغيرة، سهلة التكسر ولا تعيش طويلا.

ويختلف مدى تعمق المجموع الجذري وتفرعه في التربة تبعاً لنوع النبات وعوامل البيئة المحيطة مثل نوع التربة ومقدار الرطوبة بها ودرجة الحرارة ومقدار المواد الغذائية. في كثير من النباتات، يشغل المجموع الجذري الوتدى حيزاً في التربة أكبر من الذي يشغله المجموع الخضرى لنفس النبات في الهواء، فمثلاً، وجد أن المجموع الجذري لنبات برسيم حجازى *Medicago sativa* يشغل حيزاً بلغ قطره ثلاثة أقدام وعمقه عشرة أقدام، بينما لا يزيد ارتفاع الساق عن أربعة أقدام، حينما كان عمرها ثلاث سنوات، وقد يتوغل الجذر الابتدائى الى حوالى عشرين قدماً أو أكثر.

والجذر الوتدى لنبات البنجر يتعمق حوالى ٦-٥ أقدام بينما الكتان ٣-٤ أقدام وفي القرعيات ٣-٤ أقدام والقطن حوالى ٧ قدم. وكثيراً ما يمتد الجذر الوتدى للأشجار الى عمق قد يصل الى حوالى ثلاثين قدماً.

Adventitious Roots

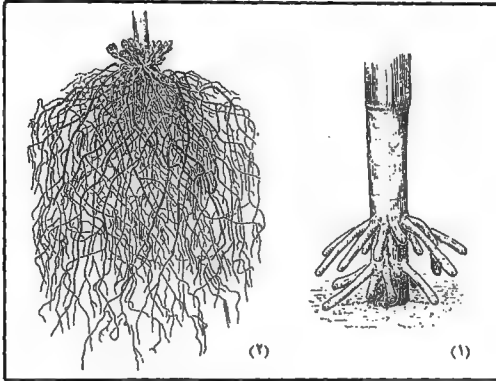
٢ - الجذور العرضية

لا يعيش الجذر الابتدائى طويلاً في النباتات ذات الفلقة الواحدة، ويقوم بوظائفه جنور أخرى تنشأ غالباً من العقد السفلى المتقاربة للساق تحت سطح التربة تسمى الجذور العرضية (شكل ١٦). في كثير من حبوب الغلال مثل القمح والذرة والشعير، توجد بدايات جذرية عرضية تنشأ في السويقة الوسطى للجنين، بالإضافة الى الجذير، تعرف باسم الجذور البذرية العرضية *Seminal adventitious roots*. تموت هذه الجذور الجنينية أو بعضها بعد تكوين الجذور العرضية. تنشأ الجذور العرضية أيضاً عند عقد وسلاميات السيقان الهوائية لبعض النباتات مثل البيجنونيا *Begonia* وحبل المساكين *Hedera helix* وعلى السيقان الأرضية، مثل الكورمات والريزومات والأبصال ومصاحبة للبراعم العرضية كما في أوراق البيجنونيا *begonia* وعلى عقل بعض السيقان مثل العنب والورد عند زراعتها.

وفي نبات قصب السكر تنشأ جذور عرضية عن أصول جذرية توجد فوق عقد عقل الساق. هذه الأصول تبقى كامنة حتى زراعة العقل في ظروف بيئية ملائمة للنمو.

وعادة تنفرع الجذور العرضية بدرجة كبيرة، وقليلاً يكون تفرعها ضئيلاً أو معدوماً. في النباتات النجيلية، مثل الذرة والقمح، تتكون جذور عرضية من العقد القاعدية للساق، وتكون رقيقة متائلة السمك تقريباً لا يحدث فيها نمو ثانوى، غزيرة التفرع كثيرة العدد، تساعد الجذر الأصلى وتحمل محله غالباً. ويطلق على هذا النوع من الجذور

المجموع الجذرى اللينى *Fibrous root system*.



(شكل ١٦): ١ - الجنور الدعامية لنبات الذرة الشامية.
٢ - الجنور العرضية اللينة.

والمجموع الجنري في ذوات الفلقة الواحدة يكون عرضيا، وتشغل الجنور العرضية حيزا كبيرا في التربة، فمثلا، وجد Dittmer أن نباتا واحدا من الشوفان *Avena sativa* ارتفاعه حوالي ٢٠ بوصة، يتألف مجموعه الجنري اللينى من ١٤ مليون فرع جذرى طوله الكلى حوالى ٣٨٠ ميل، ومسطحها أكثر من ٢٥٠٠ قدم مربع. وظهر من دراسة أخرى على نبات الذرة أن الطول الكلى لجنوره يبلغ حوالى ٣٢٠ قدم ويشغل حيزا في التربة حوالى ٢٣٠ قدم مكعب، وقد يصل عدد الجنور العرضية في نبات جوز الهند الى حوالى سبعة آلاف جدر.

ROOT ZONES

مناطق الجذر

الجذر الابتدائى الحديث اسطوانى الشكل، طرفه رفيع خالى من أى نموات جانبية عندما يفحص قطاع طولى نصفى في الجزء الطرفى من جدر حديث بواسطة المجهر، ويمكن تمييز مناطق مرتبة من طرفه الى قاعدته هى: القلنسوة، المرستيم القمى، منطقة الاستطالة، منطقة الشعيرات الجذرية وأخيرا المنطقة المستديمة.

١ — قلنسوة الجذر

Root Cap

وهو تركيب واق للمرستيم القمي للجذر من حبيبات التربة ويسهل للجذر طريقة أثناء توغله في التربة نتيجة للجدر المخاطية لخلايا الطبقات الخارجية للقلنسوة. ولقد وجد أن القلنسوة ولسافة بضعة ملليمترات من طرف الجذر، في كثير من أنواع النباتات تغطي بغشاء من مادة مخاطية لزجة قد يكون سميكا أحيانا. فطرف الجذر في نبات القمح يغطي بطبقة متميزة من المواد المخاطية تحتوى على بقايا الخلايا التي انفصلت عن قلنسوة الجذر. ولقد وجد أن المادة الجافة من المواد المخاطية التي ترسب في التربة نتيجة لزراعة نبات القمح تعادل وزن محصول القمح الناتج من مساحة الأرض المزروعة.

وتغلف القلنسوة المرستيم القمي للجذر. وتركب من خلايا بارنكمية كثيرا ماتحتوى على النشا. خلايا السطح الخارجى للقلنسوة تنمى باستمرار نتيجة لاحتكاكها بحبيبات التربة غير أنها تعوض بأخرى جديدة تنشأ من منطقة متخصصة في طرف المرستيم القمي تسمى المرستيم منشئ القلنسوة Calyptrogen في جذور ذوات الفلقة الواحدة. أما في جذور ذوات الفلقتين فإن البشرة والقلنسوة تنشأ معا من منطقة واحدة في المرستيم القمي تسمى منشئ القلنسوة والبشرة Dermato-Calyptrogen.

وتوجد القلنسوة في جذور جميع النباتات الأرضية، بينما لا توجد في معظم النباتات المائية، غير أنه كثيرا مايوجد تركيب مائل يدعى جيب الجذر Root Pocket كما في نبات الزقير Pistia وعدس الماء Lemna. والقلنسوة في الجذور الهوائية لكثير من النباتات الاستوائية تغطي بطبقة مخاطية كثيرا ماتتصلب وتصبح قشرة جامدة. وقد يبلغ سمك هذه الطبقة في بعض الجذور الهوائية عدة ملليمترات.

٢ — المرستيم القمي

Apical Meristem

ويقع في طرف الجذر، ويكون محاطاً بالقلنسوة، ولا يتجاوز طوله ملليمتر واحد. كثيرا ماتسمى هذه المنطقة قمة الجذر Root Apex، خلاياها مرستيمية تتميز بانقسام خلوي مستمر يؤدي الى تكوين خلايا جديدة، تقوم بتعويض خلايا القلنسوة، وإضافة خلايا جديدة تتكون عنها الأنسجة الابتدائية للجذر. وتحتوى خلايا المرستيم القمي على سيتوبلازم كثيف وأتوية كبيرة، وهى ذات جدر ابتدائية سليولوزية رقيقة.

٣ — منطقة الاستطالة

Zone of Elongation

وهي منطقة قصيرة يتراوح طولها بين ملليمتر واحد وعشرة ملليمترات، تقع أعلى المرستيم القمي مباشرة. وقد يبلغ طول المنطقة بضعة سنتيمترات كما في بعض الجذور

الهوائية. وتنشأ منطقة الاستطالة من المرستيم القمى، غير أن حدودها مع هذا المرستيم ليست واضحة تماما. تتألف هذه المنطقة من خلايا مرستيمية متطولة في اتجاه محور الجذر، وهي المسؤولة عن النمو الطولى للجذر.

٤ — منطقة الشعيرات الجذرية Region of Root Hairs

الخلايا الناتجة عن المرستيم القمى تتحول تدريجيا الى صورتها التي توجد عليها في الأنسجة الابتدائية في منطقة الشعيرات الجذرية، ولهذا تعرف هذه المنطقة أيضا باسم الأنسجة الابتدائية في الجذر، حيث أنها مشتقة عن المرستيم القمى. وفي هذه المنطقة يتم نضج جميع العناصر الخلوية للأنسجة الابتدائية.

ومنطقة الشعيرات الجذرية تعلو منطقة الاستطالة، ويتراوح طولها عادة بين سنتيمتر واحد وبضعة سنتيمترات وقد يبلغ طولها قدما أو أكثر في التربة الرطبة. ويغطي سطح الجذر في هذه المنطقة بشعور بيضاء اللون تسمى الشعيرات الجذرية. يتراوح عدد الشعيرات الجذرية فيها بين ٢٠٠-٣٠٠ شعيرة في الملليمتر المربع من سطح الجذر. ويختلف عدد الشعيرات تبعاً لنوع النبات وعوامل البيئة التي يعيش فيها لاسيما المحتوى المائى والهواء للتربة.

والغالبية العظمى من نباتات الأرض لها شعيرات جذرية، بينما تخلو منها جذور معظم النباتات المائية والجذور الهوائية. وقد تنعدم الشعيرات الجذرية في بعض النباتات مغطاة البلور مثل أشجار البلوط Quercus والزان Fagus والبكان Carya وبعض أنواع شقائق النعمان Ranunculus وعديد من النباتات عارية البذور مثل التنوب والصنوبر الاسكتلندى. مثل هذه الجذور ينمو على أفرعها أنواع معينة من الفطريات تقوم بالمساعدة في عملية الامتصاص من التربة.

وتعيش الشعيرات الجذرية عادة بضعة أيام تذبل بعدها وتسقط وأحيانا تبقى الشعيرات الجذرية لفترة أسبوع أو بضعة أسابيع، وفي بعض النباتات، قد تبقى لبضعة شهور كما في الأرجوان Cercis و Gleditsia من العائلة البقولية Leguminosae وقد تستديم لبضع سنوات كما في بعض نباتات العائلة المركبة Asteraceae. مثل هذه الشعيرات طويلة العمر، تصبح سميكة الجذر وتوقف عن الامتصاص.

ولقد وجد أن حوالى ٧٥-٨٠٪ من المساحة السطحية الكلية لجذور النباتات ذوات الفلقتين التي يحدث فيها نمو ثانوى تكون مغطاة بالشعيرات الجذرية. وتتاثر هذه الحالة بالظروف البيئية المحيطة.

وتقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والمواد الذائبة من التربة وتؤدي الى زيادة

مسطح الامتصاص في الجذر بمقدار حوالى ١٢-٥ مرة قدر سطح مماثل ليس به شعيرات جذرية . ومع هذا ، فان الامتصاص ليس قاصرا على الشعيرات الجذرية ، فخلايا بشرة الجذر رقيقة الجدر تقوم أيضا بالامتصاص ، كما تساعد الشعيرات أيضا في تثبيت البادرات في التربة .

والشعيرة الجذرية عبارة عن امتداد أنبوى لاحدى خلايا البشرة في منطقة الشعيرات الجذرية . معظم أو بعض هذه الخلايا تقوم بتكوين الشعيرات الجذرية . في بعض النباتات تنشأ الشعيرات الجذرية من خلايا متخصصة من البشرة تسمى مكونة الشعيرة Trichoblast . عند تكوين الشعيرة الجذرية ، تنقسم هذه الخلية الى خليتين غير متماثلتين في الحجم ، احدهما صغيرة ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة ، تتميز بسرعة استطالتها عن شقيقتها الكبيرة فضلا عن نشاط انزيمات الأكسدة والاختزال في الخلية التي تنشأ منها الشعيرة حيث تعتبر خلية نشطة بينما الأخرى أقل نشاطا . هذا الاختلاف بين الخليتين تضاع صورته بعد انقسام الخلية الأم . ويبدأ تكون الشعيرة كبروز صغير ينشأ عن امتداد الجدار الخارجى للخلية ، تنتقل اليه نواة الخلية تدريجيا وهى محاطة بالسيترولازم وتستمر الشعيرة في النمو حتى تصل الى حبيبات التربة المجاورة حيث يفلطح طرفها مكونا سطحاً يلتصق مباشرة بالأغلفة المائية حول الحبيبة . يتم هذا الالتصاق نتيجة لوجود المواد البكتينية في الطبقات الخارجية لجدر هذه الشعيرات . ويشاهد سيترولازم الشعيرة الناضجة في صورة طبقة رقيقة تبطن الجدار وتتوسطها فجوة عصارية كبيرة وأحيانا بضع فجوات . وعادة توجد النواة عند طرف الشعيرة محاطة بالسيترولازم . وتركب جدار الشعيرة الجذرية من طبقتين متميزتين ، الداخلية من السليلوز بينما الخارجية من بكتات الكالسيوم .

واللمس اللزج للشعيرة يرجع الى وجود المادة البكتينية ، وتلتصق الشعيرة الجذرية التصاقا يكاد يكون تاما بالأغلفة المائية التي توجد حول حبيبات التربة نتيجة لوجود المواد اللزجة في الطبقات الخارجية لجدرها .

ويتصلب طرف الشعيرة الجذرية عند نهاية فترة نموها نتيجة لتحجر المواد البكتينية فيها . ويختلف طول الشعيرة الجذرية باختلاف النبات والظروف البيئية المحيطة ، وعموما يتراوح بين ١٧ و ٣٧ ملليمتر .

وتدفع منطقة الشعيرات الجذرية الى الامام كلما استطال الجذر وتتكون شعيرات جذرية جديدة أعلا منطقة الاستطالة . والشعيرات المسنة تموت وتسقط ولهذا تظل منطقة الشعيرات الجذرية ثابتة الطول تقريبا .

• — المنطقة المستديمة

Permanent Region

وهي المنطقة التي تعلو منطقة الشعيرات الجذرية حيث تكون الشعيرات فيها قد ماتت وسقطت.

في هذه المنطقة تتميز أيضا خلايا البشرة وطبقة الخلايا التي تقع تحت البشرة الممزقة. في كثير من الجذور، تصبح جلد الخلايا مسورة تقوم بالحماية بدلا من هذه البشرة. تسمى هذه الطبقة بالاكسودرمس Exodermis. قد يتكون الاكسودرمس من بضعة صفوف من الخلايا وهي خالية من المسافات البينية. وتنشأ الجذور الثانوية Secondary Roots في المنطقة المستديمة داخليا من الطبقة المحيطة مقابل حزم الخشب الابتدائي Primary Xylem، إذا احتوى الجذر على أكثر من حزمتين من الخشب الابتدائي، ويكون عدد صفوف الجذور الثانوية مائلا لعدد أذرع الخشب. في بعض الأحيان ينشأ جذران مقابل كل فروع من الخشب الابتدائي، وبذلك تتكون صفوف من أزواج من الجذور الثانوية.

وإذا كان الخشب الابتدائي ثنائى الحزم، نشأت الجذور الثانوية فيما بين حزم الخشب واللحاء، أى توجد أربعة صفوف من هذه الجذور، أما إذا كان الخشب الابتدائي عديد الحزم نشأت صفوف الجذور الثانوية مقابل حزم اللحاء الابتدائي، وتنشأ الجذور الثانوية في النباتات ذات الفلقتين قبل أن يبدأ النمو الثانوي في جذورها الابتدائية. ويحدث النمو الثانوي في الجذور نتيجة لنشاط مرستيم جانبي يسمى الكامبيوم الوعائي Vascular Cambium يتكون عنه خشب ثانوى للدخول ولحاء ثانوى للخارج. ونظرا لتمزق البشرة والقشرة يتكون نسيج واق يسمى البريدرم Periderm نتيجة لنشاط كامبيوم آخر يسمى الكامبيوم الفلينى Phelllogen ينشأ من الطبقة المحيطة للجذر. ويعتبر تكوين الجذور الثانوية وغيرها من الفروع الجذرية، عاملا هاما بالنسبة للامتصاص بواسطة الجذور. هذه الجذور تنشأ عنها سطوح امتصاص جديدة تكون متصلة بمساحات جديدة من التربة تمكن النبات من الحصول على القدر اللازم من الماء والغذاء.

الجذور المتخصصة

SPECIALIZED ROOTS

تتخصص جلور بعض النباتات للقيام بوظيفة معينة، قد تكون ماثلة لأحدى الوظائف العادية للجذر أو تختلف عنها. وفي جميع حالات التخصص تتحور هذه الجذور في شكلها وتركيبها لتتوافق مع وظائفها المتخصصة.

والغالبية العظمى من الجذور المتخصصة هي جذور عرضية. وفيما يلي أنواع مختلفة

من هذه الجذور:-

١ — الجذور الدرنية

Tuberous Roots

وهي جذور أرضية إما ودية أو عرضية، تخصص في تخزين المواد الغذائية وتصحب ذات طبيعة لحمية، تمثل جذور البنجر والجزر والفجل أنواعا من الجذور الدرنية الودية. وعادة تشترك السويقة تحت الفلقة مع الجذر في تكوين المحور اللحمي الطرى. وتأخذ هذه الجذور الودية أشكالا مختلفة هي المخروطي Conical مثل الجزر، والمغزلي Spindle-Shaped مثل الفجل، واللفتي Globular وتمثل اللفت. تمثل جذور البطاطا Ipomoea batatas والداليا Dahlia (شكل ١٧) وكشك ألامز Asparagus أنواعا من الجذور العرضية الدرنية. وينشأ لجذر الدرني في نبات البطاطا نتيجة لتخزين الغذاء في بعض مناطق الجذور العرضية الرئيسية. وتوجد على هذا الجذر براعم عرضية يستفاد منها في التكاثر الخضري. والتخزين في الداليا يكون في قواعد الجذور العرضية الرئيسية عند اتصالها بالساق، بينما في كشك ألامز Asparagus فإن الجذور الدرنية تتكون عند تضخم أجزاء في الأفرع الثانوية للجذر العرضي. وهذه النباتات تنتج جذورا أخرى تقوم بالامتصاص وتثبيت النبات في التربة. وترتب الجذور الثانوية في صفين طوليين على كل من الجذور، المغزلي الشكل واللفتي، وفي أربعة صفوف على الجذر المخروطي. ويسهل تمييز السويقة السفلى في هذه الجذور حيث تظهر خالية من الجذور الجانبية، وقد تكون ملونة باللون الأخضر لتعرضها للضوء.

٢ — الجذور المساعدة

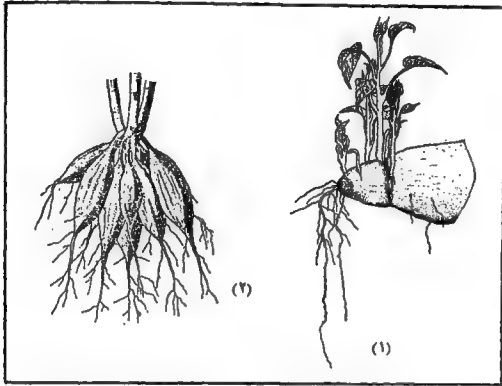
Prop Roots

تقوم هذه الجذور بتدعيم وتثبيت السيقان الهوائية القائمة، كما تقوم بامتصاص الماء والذائبات من التربة، وتنمو هذه الجذور من العقد السفلى للسيقان وينتج نحو التربة ثم تحترقها وتفرع فيها، وتكون أكثر سمكا وصلابة من بقية جذور النبات. ومن الجذور المساعدة، جلود نبات الذرة وقصب السكر (شكل ١٦). وجذور نبات الكاد Pandanus التي تتكون على الساق الهوائية تكون متخشبة ومحاطة بطبقة فلينية وتغلف قممها النامية بواسطة قلمسوة متخشبة.

٣ — الجذور القائمة

Pillar Roots

وهي جذور عرضية تنشأ من الأفرع الأفقية لسيقان بعض الأشجار، وتنمو نحو سطح التربة، حتى اذا ما وصلت فانها تحترقها وتتكون لها قلمسوة تحمي قممها النامية، تنفرع هذه الجذور في التربة وتقوم بامتصاص الغذاء. ثم يزداد قطر الأجزاء الهوائية



(شكل ١٧): ١ - نشأة البراعم المرضية على جذر البطاطا الدرني كأحدى وسائل التكاثر الخضرى بالجذور.

٢ - جذر عرضى درنى لنبات الداليا.

وتتشبب، وبذلك تعمل كدعامات قائمة لحمل أفرع الشجرة الضخمة. وقد يندمج بعض هذه الجذور مع البعض الآخر أو مع الساق نفسها. من أنواع النباتات ذات الجذور القائمة أنواع نبات التين البنغالي *Ficus bengalensis* وينمو نبات التين البنغالي في الأراضي الطينية الرخوة على شواطئ البحار في المناطق الحارة. وتتجمع الرمال وأجزاء النباتات التي تحملها الرياح حول جذوره العديدة القائمة فتتكون بيئة أرضية تحيط بالشجرة، وبذلك تصبح هذه الجذور دعائم قوية للشجرة.

Climbing Roots

٤ - الجذور التسلقية

وهي جذور عرضية هوائية تنشأ من سيقان بعض النباتات فتساعد على تسلق الدعامة التي تجاورها. وتتكون هذه الجذور بأعداد كبيرة على عقد وسلاميات الساق في المناطق التي تواجه الدعامة. وتدخل الجذور في شقوق الدعامة أو تلتصق بها، وبذلك يتسلق عليها النبات، مثل نبات حبل المساكين *Hedera helix* ونبات *Hydrangia hor-*

tensis

وتوجد جذور أخرى تكون طويلة، تلتف حول الدعامة المجاورة للنبات، فهي تشبه في ذلك المحاليق، ولهذا تسمى بالمحاليق الجذرية Root tendrils مثل جلور نبات الفانيليا Vanilla sp. الذي تتكون جذوره التسلقية عند عقد الساق.

Epiphytes Roots

٥ - الجذور الهوائية للنباتات المعلقة

كثير من النباتات الاستوائية المعلقة Tropical Epiphytes والتي تنتمي الى العائلة الأوركيدية Orchidaceae والفلقاسية Araceae تعيش في غابات المناطق الحارة عالقة على أفرع بعض الأشجار دون أن يكون لها اتصال بالأرض. هذه النباتات يكون لها ثلاثة أنواع من الجذور العرضية:-

أ - مثبتات جذرية Holdfasts تثبت النبات في الشجرة.

ب - جذور مغذية Nutritive Roots تقوم بامتصاص الغذاء من البقايا النباتية المتحللة على فروع الشجرة.

ج - جذور هوائية طويلة مدلاة في الهواء تقوم بامتصاص الرطوبة من الجو وتخزين مياه الأمطار أو قطرات الندى. هذه الجذور تحاط بغلاف يسمى الحجاب الجذري Velamen تتركب من بضع طبقات من خلايا محكمة الترتيب غير حية، جدرها سميكة ثانوية وهو عديم اللون نصف شفاف.

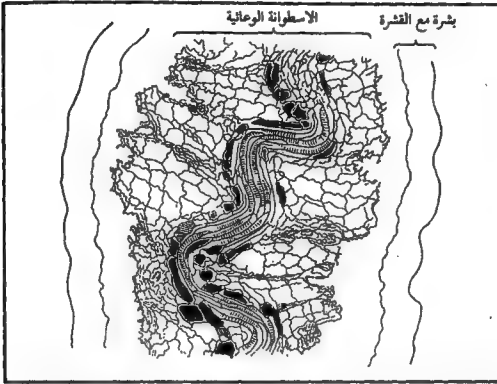
ولقد أوضحت بعض الدراسات الفسيولوجية أن الوظيفة الأساسية للحجاب الجذري تتركز في حماية أنسجة الجذور الداخلية من الحرارة الشديدة وتقليل فقد الماء حيث تمتلئ الخلايا بالهواء. ويوجد الحجاب الجذري أيضا في بعض ذوات الفلقة الواحدة من نباتات الأرض.

Contractile Roots

٦ - الجذور الشاذة المتقلصة

وهي جذور أرضية عرضية غالبا، تتميز بقدرتها، خلال فترة معينة من نموها، على التقلص لسحب ساق النبات قريبا من سطح التربة أو تحته، ليكون في البيئة المثل للنمو. ولقد أوضحت إحدى الدراسات أن ٤٥٠ نوعا من ٨٢ عائلة نباتية يحدث فيها تقلص الجذور. ومن نباتات المحاصيل الاقتصادية الهامة التي يحدث تقلص في جذورها، الجزر وبنجر السكر والرسمم الحجازي، وأبصال الجلادبولس، وريزومات بعض النباتات ذات الفلقة الواحدة.

ويحدث التقلص أو الانكماش في الجذور الودية والجانبية والعرضية ويبدأ عقب استكمال نمو الجذر في الطول ويستمر ل فترات مختلفة. وتتميز الجذور الشاذة بزيادة الخلايا البازنكيمي بها وانخفاض مقدار اللجنين بالجذر الخلوية (شكل ١٨). وبعض



(شكل ١٨): جزء من قطاع طولى في جذر شاد لنبات الحياض موضعا التركيب التشريعى لجزء منه مبينا ترتيب الخلايا المتفخخة والمحطمة في الاسطوانة المركزية المتكلسة. لاحظ أن الخلايا الداكنة اللون تمثل خلايا الفرازية لاحظ أيضا العناصر الوعائية الملتوية في نسيج الخشب.

الجنور يحدث انكماش فيها نتيجة لزيادتها في السمك، وفي البعض الآخر تتحطم الخلايا البازنوكيمية بتقدم العمر فتلتوى الجنور كالبريمة ساحبة النبات الى أسفل.

Respiratory Roots

٧ — الجنور التنفسية

وهي أجزاء جلدية تنمو رأسية من جلور بعض النباتات التي تعيش في المستنقعات ذات التربة الطينية الغنية بالمواد النباتية المتحللة. وهذه التربة رخوة وديئة التهوية، وهذا ترتفع فيها نسبة ثانى أكسيد الكربون. وتبعاً لهذا يتعذر على هذه الجنور أن تحصل على حاجتها من الأكسجين من أرض المستنقع. وعادة تنمو جلور هذه النبات أفقياً تحت سطح أرض المستنقع وتنشأ منها هذه الأجزاء الجلدية وتنمو الى أعلى حتى تظهر فوق سطح الماء وتقوم بعملية التبادل الغازى بين النبات والهواء المحيط به. وقد ترتفع الجنور التنفسية بضعة أقدام فوق سطح الماء وتتخشب وتصبح محاطة بطبقة فلينية ويتشرب على سطحها تراكيب تعمل كمناطق تهوية تسمى العديسات Lenticels. ومن أنواع النباتات

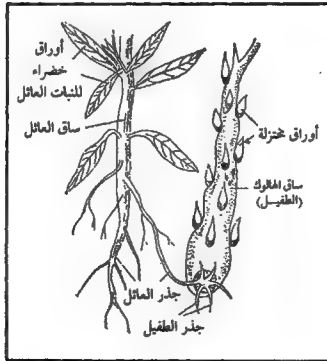
ذات الجنور التنفسية أنواع نبات الشورى *Rhizophora mangle*

٨ — المصصات

Haustoria

تضم النباتات مغطاة البذور عدد غير قليل من النباتات المتطفلة. قد تكون هذه النباتات متطفلة كلياً مثل الحامول *Cuscuta* والمالوك *Orobanch* (شكل ١٩) أو جزئياً مثل الدبق *Viscum* والصندل الأبيض *Santalum album* والحضال *Loranthus*. ونبات الحامول يتطفل على ساق النبات مثل البرسيم، بينما المالوك يتطفل على جذر النبات مثل القول. وهذان النباتان المتطفلان خاليان من الأوراق الخضراء. وللحصول على الغذاء يرسل النبات الأول محصات تخترق الساق والثاني لجذور العائل المتطفل. وتتصلب المصصات بالخشب واللحاء في النبات العائل لتحصل من الخشب على الأملاح المعدنية والماء حيث لا يوجد للنبات جذور في التربة. والمصصات المتصلة باللحاء تحصل منه على الغذاء المجهز.

والنباتات المتطفلة جزئياً ذات أوراق خضراء وتستطيع أن تجهز غذاءها بنفسها. ولكن هذه النباتات ليس لها اتصال بالتربة، ولهذا ترسل محصاتها فقط في نسيج الخشب للنبات العائل وتحصل منه على الأملاح والماء. ونبات الصندل الأبيض يتطفل جزئياً على الجذر، أما الدبق والحضال فيتطفلان على الساق.



(شكل ١٩): يوضح تطفل نبات المالوك على جذر النبات العائل.

التكاثر بواسطة الجذور

تتميز جذور بعض النباتات بقدرتها على تكوين براعم عرضية *Adventitious buds* ينشأ عنها سيقان هوائية تسمى سيقانا عرضية *Adventitious shoots* ذات جذور ليفية عرضية، ويستفاد من هذه الصفة في تكاثر بعض النباتات، مثل البطاطا *Ipomoea batatas* (شكل ١٧)، الياسمين *Jasminum officinale* وتوت العليق *Rubus*. وبعض الأشجار والشجيرات مثل الحور *Populus* والورد *Rosa* تنشأ على جذورها الممتدة أفقيا براعم عرضية تنمو الى نباتات جديدة.

الجذور عديمة الشعيرات الجذرية

تتميز كثير من مغطاة البذور الخشبية والعشبية بأن بعض جذورها خالية من الشعيرات الجذرية مثل أشجار البلوط *Quercus* والزان *Fagus*. ويكون لهذه الجذور علاقة تبادل منفعة *Symbiosis* مع بعض أنواع الفطر. هذا التجمع المشترك أو البنية الواحدة بين الجذور والفطر يسمى الجذر فطر *Mycorrhiza* (شكل ٢٠). وقد يحيط غزل الفطر بالجذور من الخارج كما في البلوط والزان في صورة طبقة خارج الجذور وبين خلاياه، أو يعيش بصفة رئيسية داخلها في خلايا الجذور كما في الاسفندان الأحمر *Acer*. ولقد وجد أن هذه الجذور تتميز عن غيرها من جذور نفس النبات بانها قصيرة وغلظتها وقد تتحطم الفلنسوسة نتيجة لوجود الفطر. وقد تتحول الجذور الصغيرة التي تحتوى على الفطر الى عقد تشبه حبات العقد.

يختلف لون الجذر فطر من أبيض إلى أصفر أو أحمر أو بني قاتم. وغالبا لا يوجد الجذر فطر الا في الطبقة العليا من التربة المملوءة بالدبال. وفي كثير من الأحوال يوجد نوع معين من الفطر يتأخى مع جذور نوع من الاشجار، وقد يوجد على جذور الشجرة نوعان أو ثلاثة من الفطر تختلف في شكلها وحجمها ولونها. ولانبت بذور بعض النباتات مثل الأوركيد الا اذا أصيبت بالفطر، بينما تنبت بذور أنواع أخرى غير أنها لا تتجاوز مرحلة البادرة الا اذا أصيبت بنوع خاص من الفطر، وفي حصر شامل لمناطق الغابات في أمريكا وشمال أوروبا وجد أن ٩٥٪ من كل جذور الاشجار يتعايش معها الفطر. وجذر الفطر شائع في نباتات الأبصال والدرنات، وفي كثير غيرها من مغطاة البذور. ولقد أضيفت الغلال الى النباتات التي يوجد فيها جذر الفطر.

وتشير آراء كثير من الباحثين الى أنه توجد علاقة تبادل منفعة بين الفطر وكثير من أنواع النباتات. من نواحي تبادل المنفعة بين الجذور والفطر، أن الأخير ييسر بعض العمليات الفسيولوجية مثل زيادة امتصاص الماء والمواد الذائبة من التربة، وربما يساعد في تثبيت



(شكل ٢٠): يوضح الجذر لطرير

الأزوت في الجذور. من ناحية أخرى، فإن الفطر يستفيد من الغذاء الموجود في أنسجة الجذور الذي يجهزه النبات الأخضر.

ويدعو أن الفطريات تفوق الشعيرات الجذرية في قدرتها على امتصاص أملاح معدنية من التربة، بالإضافة إلى أهميتها الحيوية للأشجار وغيرها من النباتات.

الجذور في النباتات المتطفلة

تميز العائلة Loranthaceae بأن أنبات البنزور فيها يبدأ بخروج السويقة تحت الفلقية من نهاية البذرة وتلتصق بفرع النبات العائل بالمادة اللزجة التي تكسوها، ثم تثبت طرفها المنتفخ الذي يمثل عصا جنريا بفرع النبات العائل. ينمو هذا المص الجذري Haustorium عميقا في أنسجة الفرع حتى يصل إلى النسيج الوعائي لفرع النبات العائل لكي يحصل منه على الغذاء اللازم، حيث تتكون منه بضعة أفرع تخرق نسيج الخشب وتستكمل منه احتياجاتها الغذائية مثل نبات الدبق Viscum album الذي يمثل نباتا متطفلا على السيقان Stem-Parasite رغم أن أوراقه خضراء.

ونباتات العائلة Balanophoraceae متطفلة على الجذور Root-Parasite وهي عديمة الأوراق وتحلوا من الجذور، مجموعها الخضرى عبارة عن ريزومة درنية متفرعة صفراء اللون أو حمراء، تكاد تكون خالية من الأوراق الحرشفية، تثبت نفسها في جذر النبات العائل، وهو خشبي بواسطة محصات جذرية.

ROOT NODULES

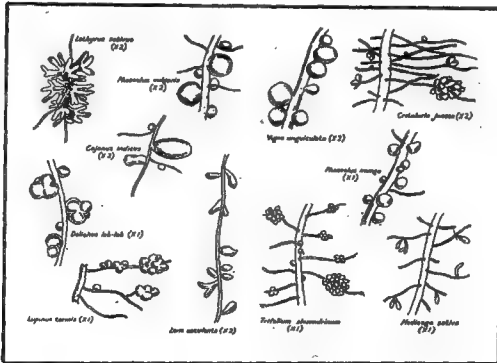
العقد الجذرية

تعتبر دراسة الجذور غير مكتملة إذا خلعت من الإشارة إلى العقد الجذرية التي تتميز بها جذور نباتات العائلة البقولية، كما توجد أيضا في بعض العائلات الأخرى. وتتكون العقد الجذرية نتيجة لوجود بكتريا من جنس Rhizobium في التربة تتميز على

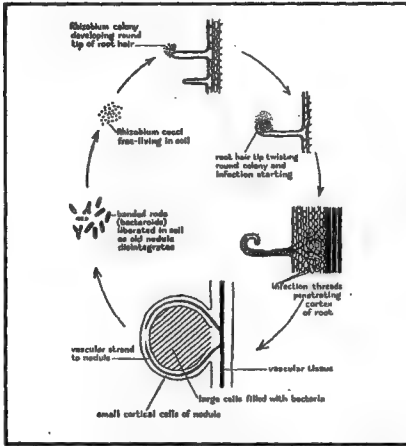
بقية أجناس البكتريا بقدرتها على تكوين هذه العقد الجذرية. ويختلف شكل العقدة تبعاً لنوع النبات البقولى، فقد تكون كروية أو مفصصة أو اسطوانية أو غيرها (شكل ٢١).

وفي أى مرحلة من حياة النبات البقولى، وبعد أن يتكون له مجموع خضرى كاف لتوفير حاجته من الغذاء تدخل البكتريا الجذر عن طريق الشعيرة الجذرية، ويحتمل أن يقوم الجذر بإفراز مواد تجذب البكتريا إلى منطقة الشعيرات الجذرية. وعندما تتواجد مستعمرة البكتريا بجوار الشعيرة الجذرية، فإنها تفرز مواد ذات طبيعة هرمونية تؤدي إلى انثناء طرف الشعيرة حولها، وبعدها تدخل المستعمرة إلى الشعيرة الجذرية، بعد أن تذيب جدارها وتتكاثر بسرعة معتمدة على الغذاء الموجود بالشعيرة. ثم تنتقل البكتريا من الشعيرة الجذرية إلى نسيج القشرة في الجذر على شكل خيوط علوى تمتد غالباً حتى الطبقة المحيطة وتتفرع بخلايا القشرة. ويؤدي وجودها في الجذر إلى سرعة انقسام خلايا الطبقة المحيطة فتتكون كتلة غروطية الشكل تمثل بداية العقدة الجذرية تمثل جزءها الداخلى بالبكتريا. وتستمر بداية العقدة في النمو، وتنشأ حزمتان وعائيتان بجوار جزئها الخارجى لنقل الغذاء اللازم لها من النسيج الوعائى للجذر. وفي النهاية تظهر العقدة الجذرية على سطح الجذر.

وتتركب العقدة الجذرية الناضجة (شكل ٢٢) من :-



(شكل ٢١) : رسوم توضيحية لأشكال العقد الجذرية في بعض النباتات البقولية.



(شكل ٢٢): رسم تخطيطي يوضح تركيب وتكوين عقدة جذرية في نبات بقولي.
(دورة حياة بكتريا من جنس ريزوبيوم).

- ١ — طبقة واقية من بضعة صفوف من خلايا بارنكيميكية صغيرة الحجم يمتد فيها نسيج وعائي يكون متصلا بالنسيج الوعائي للجذر.
- ٢ — منطقة داخلية من خلايا كبيرة الحجم ممتلئة ببكتريا في حالة انقسام نشط. وفي نهاية حياة النبات البقولي تتمزق العقدة الجذرية، وتحلل وتنتشر البكتريا في التربة وتبقى إنتظارا لاصابة جديدة. وتعيش البكتريا مع جذور النبات متبادلة المنفعة معها حيث يقوم النبات بإمدادها بالمواد الكربوهيدراتية لاستخدامها كمصدر للطاقة في تثبيت الأزوت الجوي داخل أجسامها ويستفيد النبات من جزء من هذا الأزوت المثبت. وفي بعض الأحيان، تقوم العقدة الجذرية النشطة بإفراز الأزوت الى التربة. ولقد وجد بعض الباحثين أن المحصول البقولي يترك في التربة بعد حصاده حوالي ٢٠٠ رطل من الأزوت تقريبا.

الفصل السادس

THE STEM

السيقان

- المظهر الخارجى للساق
- سطوح السيقان
- السيقان الهوائية المتخصصة
- السيقان تحت الأرضية
- الفسائل الجذرية
- البراعم
- تفرع السيقان

الفصل السادس

الساق

THE STEM

الساق هو جزء النبات من مغطاة البذور الذي يعمل الفروع والأوراق والأزهار، وينمو عادة فوق سطح الأرض.

والبداية الأولى للساق توجد في جنين البذرة وتمثلها الريشة Plumule وهي البرعم الطرفي Terminal bud الأول للنبات. تتركب الريشة من مرستيم قمى Apical meristem تمحيط به نموات متدرجة في العمر والتكشف تسمى بدايات الأوراق Leaf Primordia تنوزع طبقا لنظام ترتيب الأوراق على الساق.

وتنمو الساق في الطول نتيجة لنشاط المرستيم القمى الذي تتكشف عنه الأوراق والسلاميات والعقد. وترجع الزيادة في الطول الى استطالة السلاميات، وأحيانا لاستطيل السلاميات بدرجة محسوسة فتبقى الساق قصيرة وأوراقها متزاحة. ويتميز المرستيم القمى للساق بعدم وجود قنسوة Cap لحمايته كما هو الحال في الجذر، وهو أكثر تعقيدا من المرستيم القمى للجذر حيث تتكون منه بدايات الأوراق والبراعم سواء كانت خضرية أو زهرية. وتسهم السويقة تحت الفلقية في تكوين ساق النبات في البادرات ذات الانبات الهوائى.

ومناطق الساق التي تخرج منها الأوراق أو البراعم تسمى العقد Nodes وأجزاء الساق الواقعة بين عقدتين متاليتين تسمى سلامية Internode. قد تكون السلاميات طويلة أو قصيرة، وقد تكون العقد متقلبة جدا بدرجة يتعذر معها تمييز السلاميات، فتبدو الأوراق كأنها نامية من الجذر كما في نبات الجزر Daucus carota ونبات بنجر السكر Beta vulgaris.

وظائف الساق:

- ١ - حمل الأفرع والأوراق والأزهار والثمار وتعرضها للضوء والهواء.
- ٢ - توصيل العصارة الممتصة بواسطة الجذر إلى الأوراق، وتوزيع الغذاء المتكون في الأوراق على جميع أجزاء النبات حيث يستهلك فيها أو يخزن لحين الحاجة إليه.
- ٣ - تقوم بعض السيقان بتخزين مواد غذائية مثل النشا والسكريات وأحيانا الماء. وسيقان بعض النباتات يتكون بها مواد ذات قيمة اقتصادية مثل الحليب النباتي Latex والصمغ Gums والراتنجات Resins وغيرها. ومن الجدير بالذكر أن المطاط يصنع من الحليب النباتي لأشجار المطاط لاسيا من جنس Hevea. كما تستخرج الألياف النباتية من سيقان عدد غير قليل من النباتات مثل الكتان Linum usitatissimum والجوت Corchorus Capsularis ومن الأوراق مثل قنب مانيللا Cannabis sativa والسيسال Agave sisalana.

المظهر الخارجى للساق

السيقان عادة أسطوانية الشكل كما في الكتان وعباد الشمس *Helianthus annuus* وقد تكون مضلعة كما في البردي *Cyperus papyrus* وقليل منها يكون منبسط يشبه في شكله الورقة الخضراء العادية كما في شراية الراعى *Ruscus*. وتباين سيقان النباتات مغطاة البذور أيضا في حجمها وألوانها، فمنها الضخم الذي يصل ارتفاع الساق فيها إلى أكثر من ٣٠٠ قدم، بينما هناك أخرى صغيرة جدا لا تتعدى بضعة ملليمترات مثل نبات *Wolffia* الذي يتركب من ساق مفلطح أخضر اللون، ليس له أوراق أو جذور، وتتكون له زهرة واجدة. والسيقان إما عشبية أو خشبية.

الساق العشبية *Herbaceous stem* تكون طرية خضراء اللون أنسجتها ليست قوية تحترق على مقدار ضئيل من عناصر الخشب فتصبح الساق متخشبة. والنمو القطرى في السيقان العشبية ضئيل وأنسجتها في معظمها ابتدائية. والنباتات العشبية قد تكون حولية *Annual* لا تتجاوز حياتها بضعة شهور أو سنة مثل محاصيل الغلال *Cereals* والقليل منها يكون ثنائي الحول *Biennial* مثل البصل *Allium cepa* وينجر السكر *Beta vulgaris* أو معمر *Perennial* مثل النجيل *Cynodon dactylon*.

والسيقان الخشبية *Woody stems* تكون أكبر قطرا وأكثر صلابة من السيقان العشبية، فتحتوى على مقدار كبير من الخشب والعناصر المليجنتة، وهى غير خضراء وسطحها خشن غالبا لوجود القلف *Bark* عليها والذي يقوم بالحماية من العوامل البيئية. وتقسم النباتات الخشبية إلى أشجار وشجيرات. تتميز الشجرة *Tree* بأنها كبيرة الحجم، ذات

جذع Trunk واحد رئيسى خشبى يتفرع على ارتفاع غير قليل من سطح التربة، ويتناقص قطره تدريجيا تجاه قمته. يحمل الجذع أفرعا جانبية تكون القاعدية منها أكبر حجما وأطول عمرا. بعض الأشجار مثل التوت Morus والبلوط Quercus تنفرع الساق فيها الى بضعة أفرع تكاد تكون متساوية، قد تؤدي الى عدم وضوح الجزء العلوى من جذع الشجرة. وأشجار النخيل Phoenix يكون الساق فيها قائما غير متفرع يحمل تاجا من أوراق كبيرة خضراء اللون عند قمته. والأشجار معمرة، تعيش عشرات السنين، وفي كل عام يحدث فيها نمو خضرى جديد، حيث تنمو البراعم الأبطية مكونة أغصانا تنشأ عنها براعم جديدة، كما تحدث عادة زيادة في قطر الساق وارتفاعها.

والشجيرة Shrub تكون أقل حجما بكثير من الشجرة، تتألف من بضعة سيقان متخشبنة متقاربة في الحجم تنمو على ارتفاع بسيط من سطح التربة. وساق الشجيرة وفروعها ذات قطر صغير بالنسبة لنظيره في الشجرة، ويزداد قليلا في القطر سنويا مثل شجيرات الورد Rosa والدفلة Nerium والعنب Vitis.

والشجيرات المعمرة تعيش بضع سنوات. ومن الأشجار والشجيرات ما يكون مستديم الخضرة Evergreen ومتساقط الأوراق Deciduous في فصل الشتاء، وتتكون أوراق أخرى جديدة في فصل الربيع.

وسيقان الغالبية العظمى من النباتات مغطاة بالنبور تنمو فوق سطح الأرض وتعرف بالسيقان الهوائية Aerial Stems معظمها يكون قائما والبعض زاحيا أو متسلقا بوسائل مختلفة. ويوجد عدد غير قليل من السيقان تنمو تحت سطح الأرض ولها فروع هوائية خضراء تسمى السيقان الأرضية Subterranean Stems.

STEM SURFACES

سطوح السيقان

الساق عادة ذات سطح خال من الشعور أو الأشواك. بعض النباتات توجد على سيقانها شعور تكسبها ملمسا ناعما أو خشنا، والبعض الآخر تكسوها أشواك للحماية أو التسلق. وأحيانا تغطي الساق بطبقة شمعية رقيقة ناعمة كما في نبات قصب السكر. وسيقان الأشجار تغطي عادة بقلف Bark يكسبها ملمسا خشنا.

وأغصان الأشجار متساقطة الأوراق والشجيرات تشاهد عليها علامات مختلفة في الشكل تدل على سقوط أى من الأوراق والبراعم والأزهار والثمار وكذلك الأفرع، تسمى الندب Scars.

الندب الورقية Leaf scar عبارة عن علامة واضحة توجد عند عقد الأغصان، وهي أكثر ماتكون وضوحا في الخريف والشتاء. وتحدد ندبة الورقة موضع اتصال قاعدة الورقة

التي سقطت من على الساق. وتختلف ندب الأوراق في الشكل والحجم تبعا لنوع النبات، فقد تكون مستديرة الشكل، مثلثة أو هلالية، أو على شكل حرف U أو V. ويتراوح طول الندبة الورقية بين ٥, ٥ و ١٠, ٥ سم، وقد تزيد عن ذلك كثيرا كما في نبات الباباظ *Carica papaya*.

ويمكن مشاهدة ندب أخرى صغيرة بارزة نوعا داخل نطاق الندبة الورقية تسمى ندب الحزم الوعائية *Bundle scars* وهي تمثل الحزم الوعائية الممتدة بين الساق وعنق الورقة والتي تكسرت عند انفصال الورقة عن الساق..

ويختلف عدد ندب الحزم باختلاف نوع النبات. وأحيانا، يستفاد من شكل ندب الأوراق للتعرف على أنواع النباتات متساوقة الأوراق في الشتاء.

يشاهد أيضا عند عقد الساق نوع آخر من الندب يسمى ندب البراعم *Bud Scars* تكون عادة مستديرة الشكل تدل الواحدة منها على مكان البرعم الذي ذبل وسقط. ويوجد نوع آخر من الندب يختص بالبراعم المغطاة يسمى ندب حراشيف البراعم *Bud-Scale Scars* يدل على الحراشيف البرعمية التي سقطت بعد نمو البراعم المغطاة. هذه الندب تكون غير مميزة بمفردها، غير أن تقاربا بين بعضها وتراكبها فوق بعضها البعض واحاطتها بالبرعم، يجعلها تظهر في صورة مجموعة من حلقات متتابعة حول بعض مناطق الغصن الذي تكون نتيجة لنمو البرعم. توضح هذه الندب الموضع الذي ابتداء عنده نمو البرعم في فصل الربيع من كل عام. ويستفاد من هذه الندب في ملاحظة تعاقب النمو الذي حدث في الغصن خلال فترة النمو. ويمكن تحديد عمر الغصن بعدد مجموعات حلقات ندب حراشيف البراعم التي تقع بين برعمه الطرفي وقاعدته.

تشاهد أيضا على سطوح سيقان كثير من أغصان الأشجار والشجيرات بقع صغيرة ذات لون بني، بارزة نوعا، ومبعثرة بغير نظام أو مرتبة في صفوف رأسية أو أفقية تسمى العديسات *Lenticels*، يتم عن طريقها تبادل الغازات بين أنسجة النبات الداخلية والهواء الجوي. والعديسة غالبا عديسة الشكل أو مستديرة، وأحيانا تكون على شكل شقوق ضيقة طولها بضعة ملليمترات، وقد يصل طولها إلى حوالي سنتيمتر أو بضعة سنتيمترات كما في التامول *Betula* وأشجار جنس *Prunus*. وتنشأ العديسات في السيقان الخشبية غالبا تحت أماكن الثغور *Stomata* تحت كل ثغر أو مجموعة من الثغور. وتزداد العديسات في الحجم بتقديم عمر الشجرة تمشيا مع زيادة محيط الساق كما في شجرة التامول، بينما في أخرى لا يحدث فيها تغير في الشكل أو الحجم كما في شجرة بلوط القلين *Quercus suber*.

وتنشأ العديسات مع حدوث الزيادة في قطر الساق وتكوين نسيج واق يسمى

البريدرم Periderm. وتتركب العديسة عادة من نسيج خلاياه كبيرة الحجم مفككة، جدرها مسورة، يسمى النسيج المكمل Complementary tissue يقوم بتكوينه الكامبيوم الفليني العديسي Lenticel phellogen يكون متصلا بالكامبيوم الفليني Phellogen الذي تتكون منه البريدرم، ويمثل جزءا منه.

السيقان الهوائية المتخصصة SPECIALIZED AERIAL STEMS

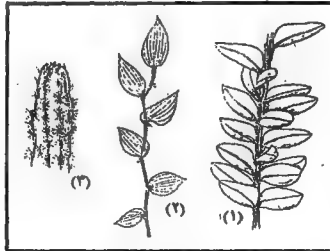
السيقان الهوائية لبعض النباتات مغطاة البذور تتخصص للقيام بوظيفة معينة، ويستلزم ذلك حدوث تحول في شكل الساق وتركيبه بما يتلاءم مع وظيفته المتخصصة. ومن أنواع هذه السيقان ما يأتي:

١ - السيقان الورقية (شكل ٢٣):

وهي سيقان تأخذ مظهر الأوراق وتقوم بوظائفها. أما الأوراق الأصلية لهذه السيقان فتكون عادة حشفية أو محورة إلى أشواك. وقد تكون السيقان الورقية محدودة النمو كما في السفندر *Ruscus* والاسبرجس *Asparagus* أو غير محدودة كما في المهلنكبيا *Meuhlien* *bekia* والتين الشوكي *Opuntia*. وتصنف السيقان الورقية إلى طرازين:

أ - ساق ورقية وحيد السلامة *Cladode* مثل السفندر والاسبرجس *Myrsiphyllum*.

ب - ساق ورقية عديدة السلامة *Phylloclode* مثل المهلنكبيا والكازوارينا والتين الشوكي.



(شكل ٢٣): أنواع السيقان المتورقة

- ١ - عتق متورق في نبات السطح.
- ٢ - ساق متورق في نبات العشب.
- ٣ - أشواك متحورة عن أوراق التين الشوكي.

(١) السفنلر *Ruscus Hypophyllum* لهذا النبات ساق عادية أسطوانية قائمة، يوجد عند كل من عقدتها ورقة حرشفية صغيرة ينمو من ابطها ساق متورقة، محدودة النمو خضراء اللون منبسطة، يعضاوية الشكل تشبه الورقة الخضراء العادية، حافتها كاملة وقمتها مدببة، وعروقها متوازية. يوجد عند حوالى منتصف محورها عقدة تحمل ورقة حرشفية صغيرة في ابطها برعم يتكشف عنه ساق قصيرة ذات زهرة واحدة أو بضع أزهار. وفي حالات قليلة، توجد عقدتان على المحور الوسطى تحمل كل منها ورقة حرشفية نادرا تكون خضراء اللون شريطية الشكل يبلغ طولها حوالى سنتيمتر واحد أو أكثر قليلا. ونبات كشك للماظ *Asparagus* تكون الأفرع المتورقة رفيعة ورقية طولها حوالى ٢ سنتيمتر، توجد في مجموعات على الساق الأصلية، كل فرع متورق يوجد في ابط ورقة حرشفية.

(٢) المهلبنيكا *Meuhlenbekia* نبات شجيري، وأفرع الساق العادية تحمل سيقانا أخرى محورة، ورقية خضراء اللون، شريطية الشكل طويلة، منبسطة ومقسمة الى عقد وسلاميات. وعند كل عقدة، توجد ورقة حرشفية متبادلة الترتيب في ابطها برعم يتبع عنه زهرة وأحيانا فرع جانبي متورق وفي نهاية الساق المتورقة، توجد قمة نامية طرفية، السلاميات القريبة منها قصيرة ويزداد طولها تدريجيا تجاه القاعدة.

(٣) الكازوارينا *Casuarina equisetifolia* شجرة ضخمة، مستديمة الخضرة، سريعة النمو، كثيرة التفرع، أفرعها الكبيرة تحمل أفرعا قزمية تنمو عليها سيقان ورقية ابرية الشكل، خضراء اللون مقسمة الى عقد وسلاميات، يحيط بكل عقدة أوراق حرشفية دقيقة الحجم. وهذه السيقان الورقية تنموها غير مخلوطة.

(٤) التين الشوكي *Opuntia tunicata* الساق الورقية عسيرية، خضراء اللون، قرصية الشكل منبسطة، تخصص في اختزان الماء في أنسجتها الداخلية للاستفادة منه في فترات الجفاف، كما تقوم أيضا بعملية البناء الضوئي. وتحمل الساق الحديثة الورقية أوراقا صغيرة جدا خضراء سرعان ماتسقط تاركة ندبا تدل عليها. وتوجد في أباط هذه الأوراق براعم محمولة على انتفاخات تسمى كل منها وسادة *Cusion* تنمو منها أشواكا *Spines* عبارة عن أوراق محورة. وقد تنمو بعض البراعم الموجودة على حافة الساق الورقية مكونة أفرعا ورقية أو أزهارا يؤكل ثمارها.

٢ — السيقان المتسلقة:

وهي سيقان هوائية طويلة تكون غير قادرة على النمو رأسيا، ولهذا تتسلق على مايجاورها من دعامات بواسطة تراكيب خاصة تنمو منها مثل الحاليق والجلود العرضية والأشواك.

أ - المحاليق الساقية Stem tendrils وهي سيقان متخصصة للتسلق، تحولت الى تراكيب رفيعة وطويلة ذات أطراف حساسة تلتف حول مايجاورها من دعامات أو تلتصق بها وبذلك تساعد ساق النبات في التسلق. وتنشأ المحاليق الساقية إما عن برعم طرفي كما في نبات العنب Vitis Vinifera أو عن برعم ابطنى Branch tendril كما في الأنتيجونز Antigonon وزهرة الساعة Passiflora spp. و Bryonia dioica. وقد تكون هذه المحاليق متفرعة ومقسمة الى عقد وسلاميات وتحمل أوراقا صغيرة لاتعيش طويلا في نبات Am- pelopsis و Virginia. وينتهي فرع المحلاق بقرص صمغى يلتصق بالدعامة وبذلك يساعد الساق في التسلق. وتحور البرعم الطرفى أو الأبطى الى عناقى يؤدى الى توقف نشاطه الخضرى.

ب - المحاليق الورقية Leaf tendrils وهي أوراق أو أجزاء ورقية تحولت الى محاليق رفيعة يساعد الساق في عملية التسلق. ففي نبات البازلاء Pisum sativum تتحور بعض الوريقات الطرفية للورقة المركبة الى محاليق، وفي نبات العشب Smilax ونباتات العائلة القرعية Cucurbitaceae تتحور الأذنات الى محاليق، وفي نبات حمام البرج Lathyrus sp. يتحور النصل الى عناقى، وفي نبات Clematis وأبو خنجر Tropaeolum majus يتحور عنق الورقة الى عناقى.

ج - الجلودر التسلقية Root climbers تتسلق سيقان بعض النباتات بواسطة جذور عرضية تنشأ عند عقد الساق أو السلاميات.

هذه الجلودر قد تكون قصيرة نوحا تدخل في شقوق الدعامة المجاورة مثل جذور نبات جبل المساكين Heder helix وقد تكون طويلة تلتف حول الدعامة، كما في المحاليق مثل جذور نبات الفانيلا Vanilla sp.

د - الأشواك Prickles وقد تكون الأشواك عبارة عن نموات صغيرة ذات أطراف مدببة توجد على سيقان بعض النباتات مثل ورد النسر Rosa canina حيث تنمو من أنسجته السطحية فلا يوجد أى اتصال بينها وبين الأنسجة الوعائية للساق. وتساعد هذه الأشواك في تسلق السيقان كما تقوم أيضا بوظيفة الحماية.

Twiners

٣ - السيقان الملتفة

لا توجد في هذه السيقان أعضاء متخصصة للتسلق، وإنما تلتف السيقان حلزونيا حول مايجاورها من دعامات ذات قطر مناسب فتصعد الى أعلى. وسيقان هذه النباتات ضعيفة لاتقوى على النمو قائمة، ذات سلاميات طويلة ورفيعة، أوراقها كبيرة نسبيا ويستمرار النمو تزداد لفات الساق تماسكا بالدعامة وتصبح قوية. ويكون الالتفاف

حول الدعامة في اتجاه عقرب الساعة أو عكس هذا الاتجاه (شكل ٢٤). ومن أمثلة هذه السيقان نبات العليق *Convolvulus* وحشيشة الدينار *Humulus lupulus*.

٤ - السيقان الجارية

Stolons or Runners

وهي سيقان ضعيفة، تنمو أفقياً مفترشة سطح الأرض، وتتكون لها جذور عرضية عند العقد تثبتتها في التربة وتمتص الغذاء والماء، مثل نبات الفراولة *Fragaria* spp. (شكل ٢٥) والليبيا *Lippia* والبنفسج *Viola odorata*. وفي نبات الفراولة تنشأ الساق الجارية من نمو أحد البراعم الابطية عند قاعدة الساق الهوائية الأصلية. وتحمل هذه الساق الجارية عند عقدها أوراقاً حشفية صغيرة، في ابط كل منها برعم قد ينمو مكوناً فرعاً جانياً. وتنشأ جذور عرضية من قاعدة البرعم النامي مخترقة التربة، ويصبح نباتاً جديداً. والبرعم الطرفي للساق الجارية يتكشف عنه ساق هوائية قائمة قصيرة تحمل أوراقاً وأزهاراً. ونظراً لتكوين الجذور العرضية عند عقد الساق الجارية فإن النبات الواحد يصبح مؤلفاً من عدد من النباتات لكل منها مجموعه الخضري والجذري العرضي، ولهذا يستفاد منها في عمليات التكاثر الخضري.

Creeping Stems

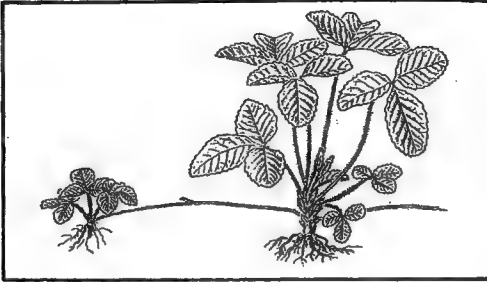
٥ - السيقان الزاحفة

وهي سيقان عشبية غالباً، تنمو مفترشة فوق سطح التربة ويكون لها مجموع جذري

واحد. وتتكون أفرع هذه السيقان من البراعم الابطية. ونباتات العائلة القرعية *Cucurbitaceae* مثل البطيخ *Cucurbita* والقرع *Citrullus vulgaris* *bita pepo* تعتبر أمثلة لهذا النوع من السيقان.



(شكل ٢٤): ساق متسلقة بالانثلاف.



(شكل ٢٥) : السيقان الجارية في الفراولة . لاحظ الجذور العرضية عند العقد ونمو البرعم الأبطى الى مجموع خضرى .

٦ - السيقان الشوكية

Stem Thorns

تتحور أغصان بعض النباتات الى أشواك صلبة مدببة الطرف، لتقليل مساحة السطح الناعمة فتقل عملية التسح، ولحمايتها من حيوانات البيئة المحيطة. وتخرج الأشواك من أباط أوراق صغيرة، غشزلة، تسقط تاركة ندبا تدل عليها. والشوكة تتكشف عن برعم إبطى، تحمل أحيانا أوراقا صغيرة أو أزهارا. والبرعم الطرفى لهذه السيقان الشوكية يقف نشاطه ويتحور الى شوكة مدببة القمة. وقد تكون هذه الأشواك متفرعة، مثل الموسج *Lycium* أو غير متفرعة مثل الجهنمية *Bougainvillea*. والسيقان الشوكية مألوفة في النباتات الصحراوية مثل العاقول *Alghai* والزلة *Zila* والوزال *Ulex*. ففي نبات الزلة، لوحظ أن نسبة عدد الأشواك الى الأوراق تزداد تبعا لزيادة جفاف البيئة المحيطة، كما يزداد حجم الأشواك ويقل حجم الأوراق. وفي بعض الأنواع الشجرية من العائلة الوردية *Rosaceae* مثل الشوكة السوداء *Prunus spinosa* كثيرا ماتتحور بعض الأفرع الى أشواك.

٧ - السيقان القصيرة أو القزمة

Short or Dwarf Stems

وهي سيقان قصيرة جدا لدرجة أن الأوراق تبدو وكأنها خارجة من قاعدة الجذر. ويعتبر نبات الجملر *Daucus carota* والجملر *Raphanus sativus* وينجر السكر *Beta vul-*

garis أمثلة لهذه السيقان. وتوجد سيقان أخرى تعرف تجاوزا بالسيقان القزمية Brachyoplasts ذات سلاميات قصيرة جدا وعقد متقاربة بدرجة كبيرة كما في السنط Acacia والكازوارينا Casuarina. وفي نبات الباريري Barberry توجد سيقان قزمية، في أباط أوراق محورة الى أشواك متفرعة، وتحمل كل منها بضع أوراق صغيرة بسيطة. تحمل هذه السيقان على أفرع النبات العادية.

SUBTERRANEAN STEMS

السيقان تحت الأرضية

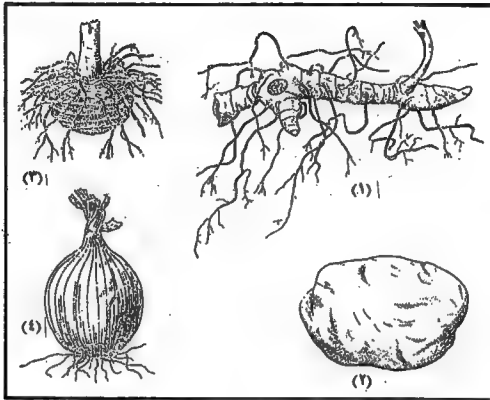
تتميز بعض أنواع النباتات مغطاة البذور بأن لها سيقانا تنمو تحت سطح الأرض. وتحمل هذه السيقان براعم وأوراقا حرشفية، وينمو من عقدها جلود عرضية وتغلف البراعم بأوراق حرشفية جامدة لحمايتها من مكونات التربة. وتظل براعم الساق الأرضية ساكنة طوال فصل الشتاء، فإذا جاء الربيع تنشط ويكون عنها فروعاً خضراء تزهر في الربيع والصيف. ثم تموت الأعضاء الخضرية الهوائية مع انتهاء فصل النمو، ويتجدد النموا الخضرى ثانية في الموسم التالى معتمدا على الغذاء المخزون فيها. وتبعاً لذلك تستطيع أمثال هذه النباتات أن تعيش من عام الى آخر. وكثير من هذه السيقان ذات أهمية اقتصادية للإنسان فهو يستخدمها كغذاء مثل درنات البطاطس وكورومات القلقاس والبصلة في نبات البصل (شكل ٢٦) والثوم. ومن السيقان الأرضية الهامة ما يأتى:

١ - الرايزوم Rhizome وهو ساق أرضية متفرعة تنمو أفقياً تحت التربة، وتتميز فيها العقد والسلاميات. وتحمل الرايزوم أوراقاً حرشفية صغيرة في أبط كل منها برعماً أبلياً، وتنمو جلوداً عرضية ليقية متفرعة عند العقد، كما يوجد لها برعم طرفى.

وبعض الريزومات تكون رفيعة كما في نبات النجيل Cynodon dactylon والبعض الآخر تكون سميكة كما في الكنا Canna indica والسعد Cyperus والسوسن Iris. وإذا كان الرايزوم طويلاً رفيحاً، وسلامياته طويلة، كما في نبات النجيل Cynodon وحشيشة الرمل Ammophila يسمى بالرايزوم الحبل Sobole.

وفي بعض النباتات، ينمو الرايزوم رأسياً وليس أفقياً كما في نبات الهندباء البرى Taraxacum spp.

وفي مثل هذه الحالة ينمو من قمة الرايزوم جلود عرضية شادة تسحب الجزء الهوائى الى العمق المناسب تحت سطح التربة. ويحدث الانكماش في هذه الجذور السميكة نتيجة لاستهلاك النبات ما بها من غذاء مدخر. ويسمى هذا النوع بالساق الجلورية Root Stock.



(شكل ٢٦): أنواع السيقان الأرضية

- ١- عاتم سليمان (ريزوم) ٢- البطاطس (درنة)
٣- القلقاس (كورمة) ٤- البصل (بصلة)

وفي معظم الرايزومات، يحدث النمو الخضري الهوائي في فصل النمو نتيجة لنمو البراعم الطرفية حيث تعطي فروعاً هوائية خضراء بينما التفرع تحت سطح الأرض يتم عن طريق البراعم الابضية التي تقع خلف البراعم الطرفية في أباط أوراق حرشقية. وكثير من الريزومات ذات أهمية اقتصادية طيبة مثل نبات الكركم *Curcuma longa* والزنجبيل *Zingiber officinale*.

ومن الأعشاب الضارة التي تسبب متاعب للزراع وخفضاً للحاصلات نبات السيفون *Agropyron junceiforme* ونبات الخلفاء *Agropyron repens* وهي ريزومات معمرة، تنتشر بسرعة في الحقول، ولهذا يتطلب الأمر ضرورة نزعها من التربة بمجرد ظهورها على السطح. ويستفاد من نبات *Psamma arenaria* في تثبيت الكثبان الرملية نتيجة لريزوماته الطويلة المعمرة وجذوره العرضية المتعمقة.

٢ — الدرنات الساقية *Stem Tubers* وهي سيقان متضخمة تنمو تحت سطح التربة.

وتتكون الدرنه نتيجة لتضخم مناطق أو أجزاء معينة من السيقان مثل السليمان مثل السليمان والعقد والبراعم ويعتبر نبات البطاطس *Solanum tuberosum* من أهم النباتات ذات الأهمية الاقتصادية بالنسبة لغذاء الإنسان ، والذي تتكون له درنات ساقية تحت سطح التربة .

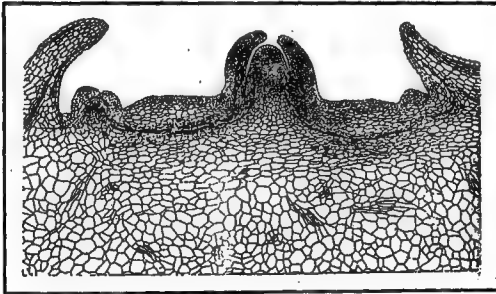
فإذا زرعت درنات بطاطس صغيرة أو قطعة مناسبة من درنة كبيرة ، على عمق مناسب في التربة ، فإن بعض البراعم الموجودة على سطح الدرنه (شكل ٢٧) ، في تجلويص صغيرة غير عميقة تسمى العيون Eyes تنمو مكونة نوعين من الأغصان هما :

أ - هوائية ذات أوراق مركبة خضراء تحمل أزهارا ، وذات جلور عرضية ليفية متفرعة .

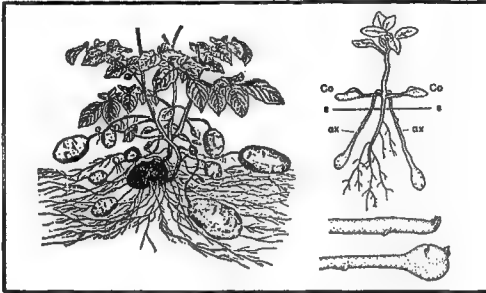
ب - أرضية مدادة ، رايزوم تنمو أفقية تحت سطح التربة وتحمل أوراقا حشفية وجلورا عرضية متفرعة .

ويبدأ تكوين الدرنات بانتفاخ أطراف السيقان الرايزومية لتتكون منها الدرنات . نبات البطاطس طبقا لما تقدم ، تتكون له ثلاثة أنواع من السيقان ، الساق الهوائية العشبية ذات الأوراق الخضراء ، التي تجهز الغذاء للنبات ، والرايزوم الأرضية والساق الدرنية (شكل ٢٨) .

ودرنه البطاطس مستديرة أو بيضاوية ، وقد تكون مستطيلة نوعا وسميكة . وتحمل البراعم الأبطية على الدرنه في مجاميع تسمى كل منها عين Eye . تحتوى الواحدة على ثلاثة



(شكل ٢٧) : قطاع طولى في عين من عيون درنة البطاطس يوضح تركيب البراعم والأنسجة المحيطة .



(شكل ٧٨): يوضح تركيب ومبدأ درنات البطاطس من الأجزاء الطرفية لأفرع الريزوم. لاحظ وجود عدد من الدرنات الهوائية التي تنشأ من براعم إبطية.

براعم أو أكثر، والبرعم الوسطى أكبرها، وكل برعم في أبط ورقة حرشفية صغيرة سرعان ما تنسقط. وتقرّب العيون من بعضها عند الطرف القمي للدرنه، ويختلف عددها وعمقها تبعاً للمصنف. بينما توجد ندبة في الطرف المقابل لقمة الدرنه تحدد موضع اتصالها بالريزوم. وعادة تكون العيون قليلة أو غائبة بجوار هذه الندبة.

ودرنه نبات البطاطس تحاط من الخارج بغلاف فلينى واحد لأنسجتها الداخلية يحوى عددا من العدسيات. هذا الغلاف الفلينى تكون نتيجة لنشاط الكميوم الفلينى Phe-logen الذي نشأ في طبقة تحت البشرة. وينشأ هذا الكميوم في فترة وجود البشرة في الدرنه الصغيره مكونا خلايا فلينى الى الخارج وخلايا بارنكيمي الى الداخل. يطلق على هذا التركيب مجتمعا اسم البريدرم Periderm. ويتراوح سمكه بين ٦-١٠ طبقات. وقبل أن يصل حجم الدرنه الى حجم بذرة البازلاء Pisum sativum يكون نسيج الكميوم الفلينى قد أحاط بها كليا.

والقشرة Cortex ضيقة تتألف من خلايا بارنكيمي خازنة تحتوى خلاياها السطحية على دباج Tanins وبيروتيينات وبلورات بالاضافة الى قليل من النشا.

والنخاع Pith يشغل جزءا وسطيا صغيرا ويظهر غير منتظم في الشكل، تحتوى خلاياه، نسبيا، على قليل من النشا. والأسطوانة الوعائية Vascular cylinder توجد بين القشرة والنخاع، وهى ضيقة تتألف من خشب ثانوى ولحاء، ويوجد لحاء ابتدائى الى

الخارج منه مكونا منطقة محدودة من خلايا خازنة. ويوجد الى الداخل من الاسطوانة السوعية الجزء الرئيس من البارنكيما الخازنة للنشا تحتوى على مجموعات متناثرة من لحاء داخلي .

وفي نبات حشيشة الزمير الكاذب *Arrhenatherum elatius* تتكون الدرنه من تضخم سلاميات الساق، ولهذا تشاهد الدرنات على هيئة سلسلة من درنات متتالية .

يمثل نبات الطرطوفة *Helianthus tuberosus* نموذجا آخر للدرنات الساقية الأرضية . والغذاء المخزن ليس نشا كما في البطاطس ، وانما مادة الانيولين *Inulin* تتحول إلى سكر فواكه، ويستفاد منها كغذاء وعلف للحيوان .

في بعض النباتات مثل *Seropegia woodii* وهو نبات رهيف متسلق ينتمي الى العائلة العشارية *Asclepiadaceae* تتكون درنات هوائية على بعض عقد الساق نتيجة لتضخم العقدة وقاعدتي ورقتيها الصغيرتين وبرعميها الابطين . وكثيرا ماتشاهد جنود عرضية على الدرنات يستخدمها النبات في التسلق . وفي نبات الكرم البري *Tamus communis* تتكون درنة هوائية عند أول سلامة للساق ينمو منها أفرع خضرية كل عام .

٣ — الكورمة *Corm* وهي ساق أرضية قصيرة ممتلئة وسميكة تمثل تضخما في قاعدة الساق المكونة لها . والكورمة مستديرة تقريبا ، تتميز فيها الصفات المميزة للسيقان ، فهي مقسمة الى عقد و سلاميات وتحمل أوراقا جرشفية رقيقة تترتب حول عقد الساق ، وفي آباطها براعم ابطية صغيرة . والبرعم الطرفي للكورمة يكون كبيرا . وبعض البراعم الجانبية قد تنمو مكونة كرميات (فكوك) *Cormlets* كما في نبات القلقاس *Colocasia esculenta* يمكن استخدامها في التكاثر الخضري (شكل ٢٦) . وتنمو من عقد الكورمة ، عند قاعدتها ، جنود عرضية ليفية . وكورمة القلقاس ذات سلاميات قصيرة ، وعقد تكسوها أوراقا حرشفية في آباطها عدة براعم .

ومن أمثلة النباتات ذات الكورمات نبات الجلاديولس *Gladious* ونبات الزعفران *Crocus* .

وتحاط كورمة الزعفران بأوراق حرشفية غشائية . تختلف سلاميات كورمة الزعفران في الطول من القاعدة الى القمة وتشاهد على العقد التندب الحلقي للأوراق الحرشفية .

٤ — البصلة *Bulb* وهي ساق أرضية قصيرة قرصية أو مخروطية الشكل تحمل قواعد بضع أوراق لحمية سميكة خازنة للمواد الغذائية ، تغلفها أوراق خارجية رقيقة حرشفية ، ناعمة يتألف منها غلاف البصلة . يتوسط الساق القصيرة برعم طرفي تحيط به قواعد الأوراق السميكة (شكل ٢٦) . وأحيانا توجد براعم جانبية في آباط بعض هذه القواعد . هذه البراعم هي التي ينشأ عنها أبصال العام التالي .

والأجزاء الخضراء للأوراق تذبل وتحف عند نهاية موسم النمو. ويوجد كثير من الجنود العرضية على الجزء الأسفل للساق، تنمو عند توفر الرطوبة. من أمثلة نباتات الأصيل، البصل *Allium* والزرع *Narcissus tazetta* والتوليب *Tulipa montana*. وإذا كانت الحراشيف وقواعد الأوراق السمكية تحيط تماما بالساق، تظهر البصلة في القطاعات العرضية في صورة حلقات مركزية كاملة، عرفت البصلة باسم المغلفة *Tunicated bulb* كما في نبات التوليب *Tulipa* والبصل والزرع. أما إذا غطيت الساق بحراشيف ضيقة تراكب فوق بعضها فلا تغلف أى منها يحيط الساق سميت البصلة في هذه الحالة بصلة متراكبة *Imbricated bulb* كما في الزنبق *Lilium*.

وتتركب البصلة في نبات الثوم *Allium sativum* من عدة بصيلات *Bulbets* تسمى الفصوص، يمثل كل منها برعما ابليا له ساق قصيرة غروطية الشكل تقريبا تحمل عند قمته برعما طرفيا وتغلفها ورقة حرشفية لحمية سمكية. وتحاط البصلة من الخارج بورقة حرشفية رقيقة شفافة. وكل بصيلة يمكن فصلها وزراعتها فتعطي نباتا جديدا له بصلة من عدة بصيلات. وفي بعض النباتات مثل نبات الزنبق *Lilium* تتكون بصيلات هوائية *Bulbils* في أباط أوراق الساق الهوائية التي تحمل الأزهار. تستخدم هذه البصيلات في عملية التكاثر الخضري، ويمكن اعتبارها براعم ابوية تسقط على التربة الرطبة مكونة نباتات جديدة. وفي نبات الثوم وكذلك الكرات *Leek* يتكون عدد من نباتات صغيرة *Plantlets* على النورة بدلا من الثمار، عبارة عن بصيلات *Bulbils*. تسقط هذه البصيلات ويتكاثر بواسطتها النبات. يطلق على هذه النباتات مصطلح ولوده *Viviparous*.

الفسائل الجبلرية *Suckers* وهي سيقان عرضية، تمثل إحدى الصفات الهامة في الجذور وهي عبارة عن سيقان خضرية تنشأ من الجذور الممتدة أفقيا تحت سطح الأرض والتي تنشأ من قاعدة الساق. هذه الفسائل تتكون كبراعم خضرية تتكشف الى سيقان ذات أوراق خضراء فوق سطح التربة، كما في الورد وتوت العليق *Rosa idaeus* والصفصاف *Salix* والحوز *Populus* والبندق *Corylus*. والفسائل الجبلرية تعتبر إحدى الوسائل التي تتكاثر بها كثير من النباتات.

BUDS

البراعم

البرعم *Bud* غصن قصير جدا غير مكتمل التكوين سلامياته قصيرة جدا، ينتهي طرفه بمنطقة من خلايا مرستيمية تسمى المرستيم القمي *Apical meristem* غالبا يكون غروطي الشكل تحيط به مجموعة من وريقات صغيرة جدا ومتقاربة من بعضها بدرجة كبيرة، ومتدرجة في تكشفها وتترتب في نظام يئال نظام ترتيب الأوراق الناضجة على

نفس النبات عادة، ويوجد برعم واحد في ابط كل ورقة يسمى البرعم الإبطي Axillary bud أو الجانبي Lateral bud. كما يوجد برعم آخر عند قمة الساق أو الفرع يسمى البرعم الطرفي Terminal bud أو القمي Apical bud. ويتبع عن نمو البراعم الابطية أفرعا خضرية أو أزهار أو نوروات، وقد تنحور الى محاليق أو أشواك. والبرعم الطرفي يعتبر أكبر البراعم على ساق النبات، ويؤدي نموه الى زيادة طول الساق خلال فترة النمو الخضرى، وقد يتكشف عنه زهرة أو نورة أو محلاق.

وتتم الساق في الطول نتيجة لانقسام خلايا المرستيم القمي وانقسام الخلايا الناجمة عنه وزيادتها في الحجم. والبرعم يتضمن عددا من العقد والسلاميات غير الناضجة وعددا من الأوراق المتدرجة في التكشف والحجم. وعندما تنشأ الأوراق من المرستيم القمي للبرعم فإن العقد والسلاميات يتعلمن تمييزها كمناطق فاصلة.

يمثل نبات الكرنب Brassica oleraceae برعما قميا كبيرا يحاط بأوراق برعمية خضراء يلتف بعضها حول البعض الآخر. توجد في أباط الأوراق الداخلية براعم ابطية. وكرنب بروكسل B. oleraceae ينتج عنه براعم ابطية كبيرة، ترتب الأوراق فيها حلزونيا حول المحور، ويوجد برعم في ابط كل ورقة. والقمة الطرفية تغلفها مجموعة من أوراق صغيرة متدرجة في العمر. وفي نبات القنيط Brassica oleraceae var. botrytis يتكشف عن البرعم الطرفي نورة متضخمة يجزن الغذاء في حوامل الأزهار. ويتم حماية أنسجة البرعم الرقيقة من العوامل البيئية غير الملائمة بأوراقها التي تغلف بعضها البعض وليس بنحراشيف قوية. مثل هذه البراعم تسمى البراعم العارية Naked Buds. وأوراق البراعم العارية تكون من نوع واحد. وبراعم بعض الأشجار وكثير من الأعشاب تكون عارية. وفي نبات البربرى Berberis vulgaris وحبل المساكين Hedera helix وشجرة الدبق Vis-cum album تغطي الأوراق الخارجية للبراعم بشعور كثيفة فقط ولهذا تعتبر عارية.

في الغالبية العظمى من الأشجار والشجيرات، تكون البراعم ساكنة في أواخر الخريف وخلال الشتاء، لأن الظروف الجوية غير ملائمة للنمو. ولهذا، فإن الأجزاء الرقيقة لهذه البراعم مثل المرستيمات القمية، وبدايات الأوراق والأوراق الحديثة جدا، تحمى من الصقيع والعواصف والأمطار بواسطة تراكيب جلدية، جامدة وسميكة، تسمى حراشيف البراعم Bud Scales. والبراعم التي تغطي بمثل هذه الحراشيف تسمى البراعم المغطاة Protected Buds أو البراعم الشتوية Winter Buds.

حراشيف البراعم قد تكون عبارة عن قواعد أوراق متحورة كما في نبات الجميز Ficus Sycamore وأبو فروة الحصان Aesculus. في هذين النباتين، البرعم الشتوى تغلفه حوالى

١٢ أو أكثر من حراشيف زورقية الشكل متراكبة في وضع متقابل متصالب، تنمو عليها شعور تفرز مواد صمغية وراتنجية تلحم الحراشيف معا وتغطي سطح البراعم وبذلك تصبح الحماية مزدوجة.

وحراشيف براعم الكثير من الأشجار في الغابات عبارة عن أذينات عمودية كما في نبات الزان *Fagus sylvatica* والخور *Populus spp.* والبلوط *Quercus*. وحراشيف براعم شجرة الأغروان *Syringa vulgaris* خضراء اللون عبارة عن أوراق مختزلة (قواعد أوراق) عدها ٨ أو ١٠. والحراشيف البرعمية قد تكون متراكبة أو متلاصقة، وهي إما متناقلة في الشكل أو متباينة شكلا وحجما. وتختلف براعم الأشجار في الشكل والحجم واللون تبعاً لنوع النبات، ولهذا يستفاد من الاختلافات بينها في تحديد اسم جنس النبات خلال فصل الشتاء. وفي فصل الربيع، تأخذ البراعم الشتوية في التكشف، فتسقط الأوراق الحرشفية فرادى أو في أزواج، وقد يستغرق النمو فترة قصيرة أو طويلة. وفي بعض النباتات تذهل الحراشيف على الغصن حينما يفتتح البرعم دون أن تسقط. ويترك الحراشيف بعد سقوطها ندبا Scars حول الساق تدل عليها، تظهر في صورة حلقات متقاربة حول قاعدة البرعم، تساعد في تحديد عمر الفرع.

ACCESSORY BUDS

البراعم الإضافية

في بعض النباتات، يوجد أكثر من برعم واحد في إبط الورقة، يمثل أحدها البرعم الابطل الأصيل بينما الاخرى تسمى البراعم الاضافية، فمثلا في نبات القطن *Gossypium spp.* والجوز *Juglans* والجهنمية *Bougainvillea* يوجد برعم اضافي واحد، بينما في الدورانتا *Duranta* يوجد برعمان اضافيان، وفي البن *Coffea arabica* توجد بضعة براعم.

وتترتب هذه البراعم اما في صف أفقى عرضى كما في الجميز *Ficus sycamore* والمشمش *Prunus armeniaca* بينما في القطن والجوز *Juglans* وشجرة الجراد *Robinia* توجد البراعم مرتبة في صف طولى.

وينمو البرعم الأصيل الأوسط في المشمش مكونا فرعاً خضرياً بينما الاخرين على جانبية يمثل كل منهما برعماً زهرياً.

وفي نبات القطن، لائنمو البراعم الاضافية في المنطقة القاعدية من الساق حيث تغطي البراعم الأصلية أفرعاً خضرية، بينما في المنطقة العليا تنمو الاضافية فقط وتغطي أفرعاً زهرية. وفي الدورانتا قد يتأخر نمو البرعم الأصيل فينمو الاضافى مكونا شوكة أو غصن موزق.

البراعم الساكنة

DORMANT BUDS

خلال موسم النمو، تنمو البراعم الطرفية والباطنية مباشرة ويتج عنها أفرع خضرية أو أزهارا أو نورات أو أفرعا زهرية فيطلق عليها اسم البراعم النشطة *Active buds*. وتبقى براعم كثيرة في النبات ساكنة فلا تنمو في فصل النمو، مع احتفاظها بقدرتها على التكشف لفترات معينة. وتتؤدى عمليات التقليم الى ازالة البراعم الطرفية مما يؤدي الى تنشيط البراعم الساكنة ونموها مكونة مجموعا خضريا جديدا كما في نبات العنب *Vitis* ونباتات الأسوار. وقد يؤدي هلاك البرعم الطرفي الى نفس النتيجة. وحتى في الأشجار قد تتكون فروع خضرية كثيرة على الفروع القديمة اذا مالهك البرعم الطرفي. وقد يموت الكثير من البراعم الساكنة، بينما يبقى بعضها حيا. وكثيرا ما تكون الأفرع المتكونة على جذوع بعض الأشجار مثل البلوط والجميز والدردار *Ulmus* ناتجة عن براعم ساكنة.

البراعم العرضية

ADVENTITIOUS BUDS

وتشمل جميع البراعم التي تنشأ في غير موضعها الطبيعي، فلا تنشأ هذه البراعم في أباط الأوراق أو قمم السيقان والأفرع، وإنما تنشأ جديدة على جذوع بعض الأشجار، وجذور بعضها مثل الحور *Populus* والشجيرات مثل الورد *Rosa*. وكثيرا ماتكون براعم جديدة عرضية على جذوع أشجار الكازوارينا *Casuarina* والكافور *Eucalyptus* بعد أن تقطع، وعلى بعض الجذور مثل البطاطا *Ipomoea batatas* والبن *Coffea arabica* والداليا *Dahlia*.

وتنشأ البراعم العرضية أيضا على الأوزاق مثل البيجونيا *Begonia* أو عند تعرجات حافة الورقة كما في نبات *Bryophyllum* وهذه البراعم الورقية تتكون لها جذور عرضية تنبت في بيئة النمو وتمتص منها الغذاء.

تكشف البراعم

يمكن تقسيم البراعم تبعا لتكشفها الى براعم خضرية *Vegetative* وبراعم زهرية *Flower buds* وبراعم مختلطة *Mixed buds*. والبراعم الخضرية ينتج عنها أفرعا خضرية تحمل أوراقا، ولهذا تسمى أحيانا بالبراعم الورقية *Foliage buds*. بينما ينتج عن البراعم الزهرية أزهارا أو نورات، ولما كانت الثمار تنشأ عن الأزهار، فإن البراعم الزهرية تسمى أحيانا البراعم الثمرية *Fruit buds*. والبراعم المختلطة تنشأ عنها فروعها تحمل أوراقا وأزهارا كما في التفاح *Malus sylvestris*.

ترتيب البراعم

تنشأ البراعم عادة في آباط الأوراق ولهذا فإن ترتيبها يتفق مع ترتيب الأوراق على الساق. ويكون ترتيب البراعم الابضية متبادلا Alternate عند عقد الساق كما في القطن *Gossypium* والجوز *Juglans*. وأحيانا تكون البراعم متقابلة حيث يوجد برعمان متقابلان عند العقدة في ابط ورقتين متقابلتين كما في نبات الكوليس *Coleus*. وفي عدد غير قليل من النباتات تترتب البراعم في نظام سواري فتوجد ثلاثة براعم على الاقل حول العقدة في آباط اوراق سوارية على مسافات متساوية تقريبا من بعضها البعض كما في الدفلة *Nerium*.

Vernation

صور الأوراق داخل البرعم

يدل المصطلح Vernation على الصورة التي توجد عليها الأوراق حديثة الكشف داخل البرعم. وتنوع هذه الصور تبعا لنوع النبات، ومن أمثلتها مايتى:

١ - ورقة ملتفة جاتيا Convolute حيث يلتف نصل الورقة حول نفسه طوليا من أحد جانبيه الى الآخر، ويصبح حل شكل بكرة الورق اللاصق، كما في براعم الورد *Rosa spp.* والبرقوق *Prunus domestica*.

٢ - ورقة ملتفة على السطح السفلى Revolute حيث يلتف نصل الورقة من قمته الى قاعدته على السطح السفلى كما في براعم الحماض *Rumex* وورد الخليلج *Rhododendron*.

٣ - ورقة ملتفة على السطح العلوى Involute حيث يلتف نصل الورقة من قمته الى قاعدته على السطح العلوى كما في براعم التفاح *Malus sylvestris* والحوور *Populus* والكمثرى *Pyrus communis*.

٤ - ورقة متطبقة Conduplicate حيث ينطبق نصفا النصل على بعضهما طوليا من السطح العلوى على امتداد العرق الوسطى كما في براعم البلوط *Quercus* والكريز *Prunus cerasus*.

٥ - ورقة ملتفة الطرف Circcinate: في هذه الحالة يلتف نصل الورقة من قمته الى قاعدته على السطح العلوى في شكل بكرة كما في براعم ورد الشمس *Drosera*.

ويمكن التعرف على هذه الطرز بالقطاعات العرضية في البراعم المطلوب دراستها.

BRANCHING OF STEMS

تفرع السيقان

نادرا مايكون للمجموع الخضرى محور واحد غير متفرع كما في نخيل البلح *Phoenix* وجوز الهند *Cocos nucifera*. ويحدث التفرع في سيقان مغطاة البلور نتيجة لنشاط

البراعم الجانبية، وبصفة خاصة البراعم النشطة وطبيعة تكشفها. ويرتبط تفرع السيقان أيضا بسلوك البراعم الطرفية.

ويوجد نوعان من تفرع السيقان مغطاة البذور يسمى الأول بالتفرع غير المحدود والثاني بالتفرع المحدود.

Racemose branching

١ — التفرع غير المحدود

يسمى أيضا بالتفرع صادق المحور الأصلي *Monopodial branching*. وفي هذا النوع من التفرع، يستمر البرعم الطرفي للساق في النمو طوال حياة النبات الأمر الذي يؤدي الى استمرار زيادة الساق في الطول حاملة أفرعاً جانبية وأوراقاً. وتتكون الأفرع الجانبية نتيجة لنشاط البراعم الابطية؛ ويكون أحدثها وأقصرها أقرب الى القمة بينما أكبرها عمراً وأطولها يكون عند قاعدة الساق. ويعرف هذا الترتيب في الأفرع باسم التعاقب القمي *Acropetal succession* كما في نبات الكازوارينا *Casuarina equisetifolia* والجميز *Ficus sycamore*. ويسمى هذا المحور المستمر في النمو الطرفي بالمحور الصادق *Monopodium*.

Cynose branching

٢ — التفرع المحدود

يسمى أيضا بالتفرع كاذب المحور الأصلي *Sympodial branching*. وفي هذا التفرع ينشط البرعم الطرفي في النمو لفترة محدودة يتوقف بعدها بسبب تكشفه الى محلاق أو زهرة أو شوكة.

وفي معظم الأشجار عادة يذبل البرعم الطرفي ويسقط كما هو الحال في شجرة الدردار *Ulmus* والصنصاف *Salix*. ورغم هذه التغيرات، فإن ساق النبات يستمر في النمو، نتيجة لنشاط برعم أو أكثر من البراعم الجانبية التي تقع أسفل البرعم الطرفي الذي تمحور أو توقف عن النمو الخضرى. وباستمرار النمو على هذه الصورة، يصبح المجموع الخضرى عبارة عن عدد من المحاور الكاذبة التي لم تنشأ جميعها عن البرعم الطرفي وإنما عن البراعم الابطية التي تقع تحته. وتوجد ثلاثة أنواع من التفرع المحدود وهي:

أ — تفرع محدود وحيد الشعبة *Monochasium* وفي هذا التفرع، يتوقف نشاط البرعم الطرفي عن النمو الخضرى نتيجة لتحوره أو هلاكه. ويستمر النمو في الساق نتيجة لنشاط البرعم الابطى الذي يقع تحته مباشرة، ويتج عنه ساقاً محدودة النمو تصبح على استقامه الفرع السابق لها ويتوقف برعمها الطرفي عن النمو الخضرى كما سبق بعد فترة ليستكمل النمو الجديد برعم آخر تحت طرفي.

وباستمرار النمو على هذه الصورة يصبح المجموع الخضرى عبارة عن محور كاذب

Sympodium لأنه يتألف حقيقة من عدة أفرع أصولها مختلفة كل فرع منها ناتج عن برعم جانبي . هذا التفرع يوجد في نبات العنب *Vitis* وفي ريزوم النجيل *Cynodon dactylon*. وفي العنب يتحول البرعم الطرفي الى محلاق للتسلق ، وفي النجيل يتحول البرعم الطرفي للريزوم تحت سطح التربة الى فرع هوائي ، ويكمل محور الريزوم الأصل فرع جانبي يخرج من ابط ورقة حرشفية تقع خلف القمة مباشرة .

ب — تفرع محدود ثنائي الشعب *Dichasium* ويوجد هذا التفرع في النباتات ذات الأوراق المتقابلة على الساق مثل الجيسوفيليا *Gypsophila*. وحينما يتوقف نمو البرعم الطرفي لتحوره أو هلاكه ، ينشأ فرع جانبي محدود النمو من ابط كل من الورقتين المتقابلتين اللتان تقعان تحت مستوى البرعم الطرفي المتحور. ويتكرر هذا التفرع ثانية على هذه الأفرع الجانبية .

ج - تفرع محدود عديد الشعب *Polychasium* وتتميز نباتات هذا النوع من التفرع بأن الأوراق تكون مرتبة سواريا حول العقدة . ويتوقف النمو الخضري للبرعم الطرفي للساق الأصلية ، وينشأ محور جانبي محدود النمو من ابط كل ورقة تقع تحت مستوى البرعم الطرفي المتحور. ويتكرر هذا التفرع على الأفرع الجلدية .

الفصل السابع

THE LEAVES

الأوراق

- التركيب الخارجى للورقة
- نصل الورقة
- العتق
- قاعدة الورقة
- الأذنين
- الأوراق المركبة
- بقاء الورقة
- ترتيب الأوراق على الساق
- التباين الورقى
- الأوراق المتخصصة

الفصل السابع

الأوراق

THE LEAVES

الأوراق زوائد جانبية خضراء اللون عادة رقيقة مسطحة، تحمل عل عقد الساق، وتعتبر عملية البناء الضوئي أهم الوظائف التي تخصص فيها. وتنشأ بداية الورقة Leaf primordium من المرستيم القمي للبرعم الخضرى، ويستمرار النمو تتطور تدريجيا الى الورقة العادية للنبات.

وفي الغالبية العظمى من النباتات منطلة البذور تتميز الورقة بشكلها المنبسط ووجود العروق فضلا عن لونها الأخضر ويتراوح طول الورقة العادية الخضراء بين بضعة ملليمترات وبضعة أقدام كما في نبات الموز *Mousa sapientum* وقد يصل الطول الكلى للورقة الى حوالى ٢٥ متر، مثل أوراق نبات جوز الهند *Cocos nucifera*. وتباين الأوراق، بصفة عامة، في تركيبها ووظائفها.

التركيب الخارجى للورقة

في معظم النباتات الزهرية، تتركب الورقة من ثلاثة أجزاء، هى النصل والمنق والقاعدة. وفي كثير من النباتات ذات الفلقتين توجد زائدتان جانبيتان عند قاعدة الورقة تسمى كل منها أذينة *Stipule*. وفي بعض النباتات تسقط الأذينات مبكرا في فترة حياة الورقة، وأحيانا تكون دائمة، كما في البازلاء، وتمثل جزءا من جهاز البناء الضوئي. ونادرا ما توجد الأذينات في ذوات الفلقة الواحدة مثل عائلة *Butomaceae*.

THE BLADE OR LAMINA

نصل الورقة

هو الجزء المنبسط من الورقة، غالبا أخضر اللون، ويعتبر أهم جزء في الورقة يختص بعملية البناء الضوئي. والسطح العلوى للنصل يكون أدكن من السفلى وقد يكون

سطح النصل أملس، أو مغطى بشعور ناعمة أو خشنة، وأحيانا تنمو أشواك صغيرة على النصل، أو شعيرات غدية. وقد يكون سطح النصل مغطى بطبقة سميكة من الشمع سمكها حوالى بضعة ملليمترات كما في أوراق نخيل الشمع البرازيل *Copernicia prunifera*.

ويدعم النصل مجموعة من العروق تتوزع فيه وفق نظام معين، يختلف أساسا في أوراق ذوات الفلقتين عن الفلقة الواحدة. وفي معظم النباتات، يكون العرق الوسطى للورقة أكبر العروق، وتتفرع منه عروق أخرى جانبية تكون أقل منه في السمك. وكما يختلف نظام التعريق، يختلف أيضا شكل النصل والحافة والقمة والقاعدة تبعا لنوع النبات.

أ - أشكال النصل FORMS OF BLADES (شكل ٢٩)

يمثل النصل في الورقة أحد صفاتها التركيبية الهامة. ومن أهم اشكال النصل الشائعة ماياتي:

١ - شريطى Linear: والنصل طويل وضيق، طوله عدة أمثال العرض. وحافتا النصل تكاد تكون متوازيتان. وهذا النصل يعتبر صفة مميزة في أوراق نباتات العائلة النجيلية *Poaceae*.

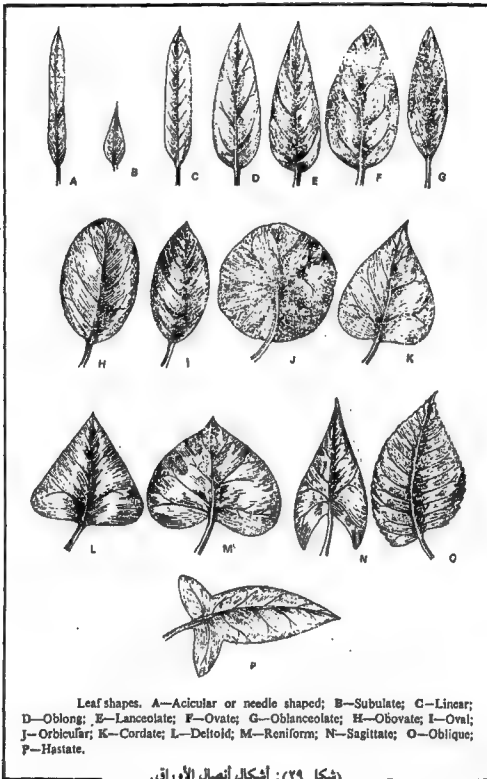
٢ - رمحى Lanceolate: ويشبه الرمح، قاعدته تكون عريضة نوعا، ويستندق تدريجيا تجاه القمة التي تكون حادة، مثل أوراق نبات الدفلة *Nerium oleander* والكافور *Eucalyptus* ولسان الحمل *Plantago spp.*

٣ - سهمى Sagitate: ويشبه رأس السهم وقاعدته ممتدة في شكل فصين يتكون من كل منهما زاوية حادة مع عتق الورقة، مثل نبات القطبة *Sagittaria sagittifolia*.

٤ - مزراقي Hastate: ويشبه في شكله رأس السهم غير أن فصا القاعدة يكونان متفرجان أفقيا ومتجهان الى الخارج، مثل أوراق نبات العليق *Convululus* والحماض *Rumex*.

٥ - ملعقى Spatulate: ويشبه الملعقة، يكون مستديرا عند القمة ويضيق جزؤه القاعدى تدريجيا، كما في نبات الرجل *Portulaca oleracea*.

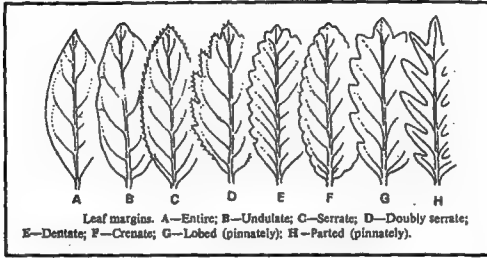
٦ - بيضى Ovate: ويشبه في شكله القطاع الطولى لبيضة الدجاج، ويكون طوله حوالى مرة ونصف مثل اتساعه، حافته وطرفاه مقوسان. العتق يتصل بالطرف العريض للنصل، كما في الدوارتنا *Duranta*.



- ٧ - قلبى Cordate : ويشبه في شكله القلب، طوله أكبر من عرضه، قاعدته ذات فصين مستديرين. وفي هذا النصل يتصل عنق الورقة بالتجويف بين الفصين كما في نبات المشمش *Prunus armeniaca* والبطاطا *Ipomoea batatas*.
- ٨ - درعى Peltate : والنصل مستطيل يشبه الدرع. ويتصل عنق الورقة بالسطح السفلي للنصل، مثل ورقة أبى خنجر *Tropaeolum majus*.
- ٩ - شبه مثلث Deltoid : ويشبه مثلث متساوى الساقين يتصل عنق الورقة بمنتصف قاعدة النصل، كما في ورقة نبات الحور *Populus*.
- وهناك أشكال أخرى مثل الأنبوبى Tubular حيث يكون مجوفا كما في ورقة نبات البصل. وفي أحد أنواع جنس السمار *Juncus* تكون الأوراق أسطوانية بداخلها نخاع Pith وفي نوع آخر تكون الورقة اسطوانية مجوفة ذات حواجز Septa عرضية عديدة تجعل مظهر الورقة مفصليا عند جفافها. وقد تأخذ الورقة الشكل الكلولى Ramiform كما في خف الجمل *Bauhinia* والمستدير Orbiculate حيث يتصل العنق بحافته.
- ومن أشكاله أيضا القلبى المقلوب Obcordate ويشبه القلب غير أن العنق يتصل بالنصل عند طرفه الضيق.
- وقد تختزل الأوراق إلى أغصان Sheaths تحيط بقاعدة الساق الاسطوانية الرفيعة كما في العائلة الزنبقية *Liliaceae*.

ب - حافة النصل. LEAF MARGIN (شكل ٣٠)

- يختلف شكل حافة نصل الورقة تبعا لنوع النبات. ومن أشكال الحافة مايتأتى :-
- ١ - كاملة Entire : الحافة مستوية خالية من أى بروزات أو تعرجات كما في الكافور *Eucalyptus* والقمح *Triticum*.
- ٢ - منشارية Serrate : تكون بروزات الحافة على شكل أسنان المنشار متجهة إلى أعلا مثل ورقة الملوخية *Corchorus olitorius* ووريقات الورد *Rosa* والدوارثا *Duranta*.
- ٣ - مسننة Dentate : البروزات تكون متجهة إلى الخارج عمودية تقريبا على الحافة مثل المشمش *Prunus armeniaca*.
- ٤ - شوكية Spiny : تمتد بروزات الحافة في شكل أشواك كما في نبات عود الريح *Berberis* وشوك الجمال *Echinops spinosus*.



(شكل ٣٠) : أشكال حافة نصل الورقة.

٥ - **مصرجة Crenate** : تكون نتوءات الحافة صغيرة على شكل أنصاف دوائر بينها تجاويف Sinuses بسيطة كما في التوت *Morus*.

٦ - **متعرجة Sinuate** : تكون الحافة ذات تجاويف غائرة غير منتظمة العمق والحجم كما في أوراق نبات البلوط *Quercus*.

٧ - **مفصصة Lobed** : تكون الحافة ذات فصوص كبيرة وقليلة العدد، تمتد من ثلث إلى نصل النصل في اتجاه العرق الوسطى أو القاعدة. ويوجد شكلان لهذه الحافة :

أ - **مفصصة ريشية Pinnately lobed** : إذا اتجهت التجاويف بين الفصوص ناحية العرق الوسطى، مثل الفجل *Raphanus sativus*.

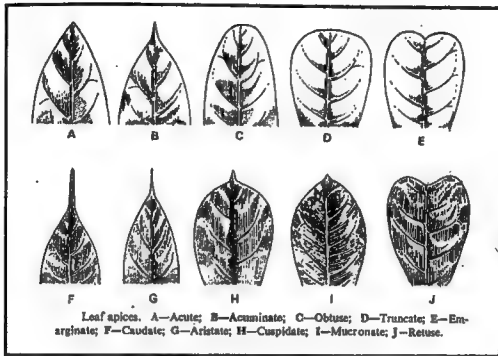
ب - **مفصصة راحية Palmately lobed** : تتجه التجاويف نحو قاعدة النصل مثل العنب *Vitis* والخروع *Ricinus*.

٨ - **مجزأة Parted** : إذا وصلت التجاويف حتى العرق الوسطى أو قريباً منه مثل الجرجير *Eruca vesicaria ssp. sativa*.

ج - قمة النصل LEAF APICES (شكل ٣١)

يختلف شكل قمة النصل في الورقة من نبات إلى آخر . ومن ذلك مما يأتي :-

١ - **حاددة Acute** : تكون القمة على شكل زاوية حادة، دون أن يكون هناك تقعر على جانبي القمة في النصل كما في الدفلة *Nerium* والدوراثنا *Duranta* والملاخية *Corchorus*.



(شكل ٣١): أشكال قمة نصل الورقة.

- ٢ — مستدقة Acuminate : القمة مدببة وممتدة نوعاً تتعرج حافة النصل قليلاً خلفها، كما في الأستر *Aster* والمرسوع *Dalbergia sissoo*.
- ٣ — مدنية Caudate : أى أنها مستدقة مدنية، القمة متطاولة على شكل ذنب كما في ورقة أحد أنواع نبات الفيكس *Ficus religiosa*. والجزء المدبب في هذه القمة يكون طويلاً.
- ٤ — مستقيمة Truncate : طرف النصل يكون مستقيماً وعمودياً على العرق الوسطى، كما في أوراق نبات زهرة الدم *Asclepias*.
- ٥ — مستديرة Obtuse : القمة مقوسة كما في النبق *Ziziphus* والبوانسيانا *Poinciana*.
- ٦ — منخفضة Emarginate : القمة بها انخفض عميق وعريض كما في خف الجمل *Bauhinia*.
- ٧ — شوكة Aristate : تنتهي القمة بطرف شوكة مدبب حاد كما في وريقات نخيل البلح *Phoenix*.
- ٨ — حلمية Mucronate : يبرز فيها طرف العرق الوسطى قليلاً فتنتهي طرف الورقة بقمة مدببة كما في البرسيم الحجازى *Medicago* والحلبة *Trigonella*.

٩ - غائرة Restuse : يوجد بالقمة انخفاض ضئيل تحت مستوى طرف الورقة كما في أوراق نبات البرسيم المصرى *Trifolium*.

د - قاعدة النصل BLADE BASE

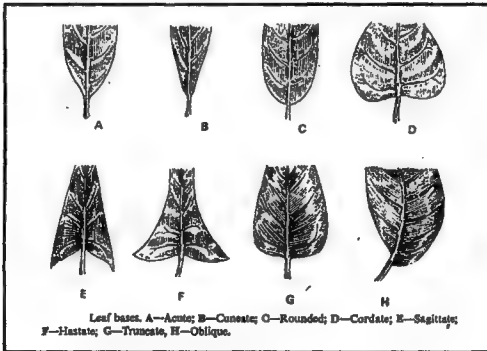
كما يتنوع شكل الحافة والقمة، فإن هذا التنوع يحدث أيضا في قاعدة النصل (شكل ٣٢). ومن أشكال القاعدة ما يأتي :-

١ - قلبية Cordate : تشبه القاعدة القلب بصرف النظر عن شكل النصل، كما في البطاطا *Ipomoea batatas*.

٢ - سهمية Sagittate : القاعدة ممتدة في صورة فصين متجهين الى أسفل كما اللبلاب.

٣ - مزراقية Hastate تشبه السهمية غير أن الفصين فيها يكونان متجهان الى الخارج كما في العليق *Convolvulus*.

٤ - أذنية Auriculate : القاعدة عبارة عن فصين يشبه كل منهما أذن الانسان مثل *Brassica campestris*.



(شكل ٣٢) : أشكال قاعدة النصل.

LEAF VENATION

تعريق الورقة

العروق Veins وهي الحزم الوعائية الموجودة في نصل الورقة، وتمثل امتدادات من النسيج الوعائي في الساق تمر عبر عنق الورقة الى النصل ويتفرع فيه. يشبه العرق طريقا مزدوجا يتخصص جانب منه في نقل العصارة غير المجهزة من الساق الى نصل الورقة والجانب الآخر ينقل الغذاء المجهز في النصل الى الساق ومنها الى أماكن استهلاكه أو تخزينه في بقية جسم النبات. وتكسب العروق أيضا نصل الورقة الرقيق قوة لازمة لحمايته من التمزق وأداء وظائفه.

وتتوزع العروق في النصل وفق نظام معين يعرف بالتعريق Venation (شكل ٣٣). ويوجد نظامان أساسيان من التعريق هما التعريق الشبكي والتعريق المتوازي، الأول يعتبر من سمات غالبية أوراق النباتات ذوات الفلقتين والثاني من سمات غالبية أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة.

(١) التعريق الشبكي Reticulate Venation : تختص بهذا التعريق غالبية أوراق النباتات ذات الفلقتين ونادرا ما يوجد في ذوات الفلقة الواحدة. في هذا التعريق تكون العروق الصغيرة Veinlets موزعة بصورة غير منتظمة ومتشابكة مع بعضها بداخل النصل. ويوجد من التعريق الشبكي نوعان :

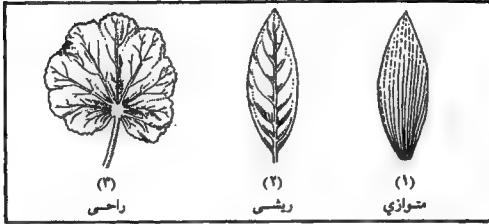
أ - الريشي Pinnate: حيث يتميز بوجود عرق وسطى Midrib يمتد من قاعدة النصل حتى قمته ويكون أسمك العروق. ويتفرع من العرق الوسطى عروق جانبية تكون أقل منه في السمك ومتجهة نحو حافة النصل وهذه الفروع الأخيرة تتفرع جانبيا الى أخرى أدق منها. وهكذا يستمر التفرع الجانبي حتى تتشابه الفروع Veinlets مع بعضها، ويتكون عنها جهازا شبكيا كما في التوت Morus والتفاح Malus sylvestris والصفصاف Salix.

ويحدث التعريق الشبكي الريشي في معظم الأوراق البسيطة ووريقات الأوراق المركبة كما في الورد Rosa spp.

وتوصف الأوراق ذات التعريق الريشي بأنها ريشية التعرق Pinnately veined.

ب - الراحي Palmate حيث يكون لنصل الورقة بضعة عروق رئيسية تكون متقاربة في السمك تخرج من قمة عنق الورقة عند قاعدة النصل، وتمتد نحو حافة النصل وقمته، في صورة شكل مروحي يشبه أصابع اليد المنبسطة. هذه العروق تتفرع جانبيا الى أخرى أدق منها.

ويستمر التفرع الجانبي حتى تتشابه الفروع معا مكونة جهازا شبكيا، ومن



(شكل ٣٣) : أنواع التعريق

أمثلة ذلك قرع الكوسة Cucurbita pepo ونبات العنب Vitis venifera ونبات القطن Gossypium spp. ويعد هذا التعرق في الأوراق راحية التفصيص Palmately veined.

(٢) التعريق المتوازي Parallel Venation : ويختص بهذا التعريق غالبية أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة. ويوجد منه نوعان :-

أ - المتوازي الطولي Basal parallel : في هذا التعريق يوجد عدد من عروق رئيسية متقاربة السمك تمتد متوازية تقريبا بطول النصل من قاعدته الى قمته. وكثيرا ما يتبادل هذه العروق مع أخرى أقل منها في السمك. تتصل هذه العروق المتوازية مع بعضها بفريعات دقيقة تمثل وصلات عرضية تجعل التعريق في صورة جهاز شبكى كما في أوراق نباتات العائلة النجيلية Poaceae ونبات البصل Allium cepa.

ب - المتوازي العرضى Costal parallel : يتميز في هذا التعرق وجود عرق وسطى كبير يمتد من قاعدة النصل حتى قمته، ويخرج منه فروعاً عرضية جانبية متوازية تقريبا تمتد حتى حافة النصل. وتتصل هذه العروق الجانبية معاً بواسطة فريعات دقيقة متشابكة كما في أوراق نبات الموز Musa والكتان Linum.

والأوراق المركبة وبعض البسيطة في عدد من ذوات الفلقة الواحدة ذات تعريق متوازي شبكى أو راحي وحتى ريشى شبكى مثل القلقاس Colocasia وفي العائلة الأليزية Alismaceae.

عنق الورقة

PETIOLE

العنق هو جزء الورقة الذي يحمل النصل ويصله بالساق . وعادة يكون العنق اسطوانيا أو مقعرا بعض الشيء من سطحه العلوى ، أخضر اللون ، طويلا أو قصيرا ، أو معدوما . وإذا كان العنق موجودا كانت الورقة معنقة Petiolate أما إذا كان قصيرا جدا أو معدوما سميت الورقة جالسة Sessile.

والأوراق المعنقة أكثر انتشارا بين ذوات الفلقتين من الأوراق الجالسة أما في ذوات الفلقة الواحدة فالأوراق غالبا جالسة .

وفي بعض النباتات ، قاعدة النصل تحيط بالساق فتسمى الورقة في هذه الحالة محيطية Perfoliate ويظهر الساق عمدا خلالها . وقد يكون العنق مجنعا كما في النارجيس Citrus spp. أو يتفلسح ويصبح ورقيا كما في بعض أنواع السنط Acacia spp. بينها يخترل النصل ويسمى عندئذ بالعنق المتورق Phyllode.

قاعدة الورقة

LEAF BASE

هى الجزء القاعدى من عنق الورقة الذي يصله بالساق عند العقدة وهى أضخم قليلا من العنق . وتأخذ القاعدة أشكالا مختلفة فقد تكون متنفخة على شكل وسادة Pulvinus تسير حركة الورقة في اتجاه الضوء كما في الفول السودانى Arachis hypogaea أو تكون عريضة مفلطحة مكونة غلافا يحيط بالعقدة كما في نباتات العائلة الخيمية Apiaceae مثل الينسون Anise.

وحركة الورقة شائعة الحدوث في العائلة البقولية مثل الحركة النعاسية Sleep-move-ment في أوراق الفاصوليا Phaseolus والسنط Acacia حيث تأخذ الوريقات وضعاراسيا أثناء الليل . وقد تحدث حركة تلقائية غير مرتبطة بالضوء مثل نبات التلغراف Desmodium حيث ترتفع وتنخفض الوريقتان الجانبيتان الصغيرتان الى أعلا وأسفل كل بضع دقائق ، وفي جنس Mimosa تأخذ الوريقات وضعاراسيا عند اللمس . ومركز الحركة يوجد في الوسادة .

وفي كثير من النباتات ذات الفلقة الواحدة ، مثل نباتات العائلة النجيلية Poaceae والموزية Musaceae تكون الورقة جالسة ، تتركب من نصل وغمد Sheath يكون طويلا أنبوبيا يحيط بجزء كبير من طول السلامية وقد يصل الى أطول منها ، وعادة يكون جانبه المقابل للنصل مشقوقا طويلا . ويقى الغمد الجزء القاعدى من السلامية حيث تبقى أنسجتها رقيقة وقادرة على النمو لفترة أطول . وعادة ، توجد زائدة غشائية رقيقة عند موضع اتصال النصل بالغمد تسمى اللسين Ligule يمنع دخول الماء والحشرات بين

سلامية الساق والغمدة. وقد يكون اللسين مكونا من فصين أو بسيط التركيب حيث يلتحم الفصان ليكونا تركيبا يشبه الباقة Collar. وقد تزداد الباقة في الحجم ويتكون عنها جزء مميز في الورقة. وقد يتكون اللسين من شعور جامدة أو شوكية كما في نبات النجيل *Cynodon dactylon*.

الأذينات

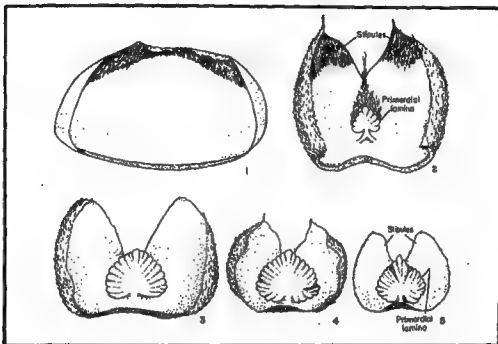
STIPULES

ينمو من قاعدة الورقة في كثير من النباتات ذات الفلقتين زائدتان جانبيتان وتسمى كل منها أذينة *Stipule*. تسمى الورقة ذات الأذينات ورقة مؤذنة *Stipulate leaf* بينما توصف الأوراق إذا لم توجد الأذينات بأنها غير مؤذنة *Exstipulate leaf*. وقد تبقى الأذينات طوال حياة الورقة أو تسقط عند أو قبل اكتمال نموها كما في العائلة التوتية *Moraceae*. وتوجد عائلات تتميز بعدم وجود الأذينات مثل *Luraceae* والحشخاشية *Papaveraceae* و *Anonaceae* بينما أخرى مثل *Magnoliaceae* توجد لنباتاتها أذينات كبيرة غير متساقطة، والبنفسجية *Violaceae* والبقولية *Leguminosae* حيث توجد في كثير من الأنواع التابعة لها. وفي العائلة الوردية *Rosaceae* توجد أذينات في بعض أنواعها بينما لا توجد في أنواع أخرى ولقد وجد أن ٤٠٪ من النباتات ذات الفلقتين الحشيشية تكون أوراقها ذات أذينات بينما ٢٠٪ فقط من الأعشاب ذات أذينات. ونادرا توجد أذينات في نباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل *Butomaceae* وبعض نباتات *Dis-coreaceae*.

وأحيانا توجد الأذينات على أوراق الغلاف الزهري في بعض ذوات الفلقة الواحدة. وفي بعض الأنواع من ذوات الفلقتين قد توجد الأذينات في أوراق المنطقة العليا من النبات بينما لا توجد في أوراق الجزء القاعدي والعكس صحيح في أنواع أخرى. وفي جنس *Tropaeolum* توجد الأذينات فقط في طور البادرة.

وفي الأوراق المركبة لبعض ذوات الفلقتين، توجد أذينة *Stipe* واحدة عند قاعدة كل وريقة كما في العائلة الفراشية *Fabaceae*. أما في العائلة البقمية *Caesalpinaceae* تكون أذينات الوريدات عادة غائبة. ويبدو أن الأذينات تعتبر ظاهرة في طريقها للاختفاء في مغطاة البذور.

وعادة تكون الأذينات صغيرة، وقد تكون خضراء ورقية الشكل تساعد في عملية البناء الضوئي وحماية البراعم الابطية. وحراشيف البراعم في كثير من الأشجار متساقطة الأوراق عبارة عن أذينات متحورة كما في نبات الزان *Fagus sylvatica* والحوار *Populus* والبلوط *Quercus* والعنب *Vitis* (شكل ٣٤).



(شكل ٣٤) : يوضح حراشيف البراعم في العنب وهي عبارة عن أذنين متحورة.

وفي بعض الأحيان تتحور الأذنين الى محاليق أو أشواك . وتباين الأذنين في شكلها وحجمها وحتى استدامتها . من أنواع الأذنين ما يأتي :-

١ - ورقية *Foliceous* : وهي خضراء اللون ، كبيرة تساعد في عملية البناء الضوئي كما في نبات البسلة *Pisum sativum* . وفي نبات حمام البرج *Lathyrus aphaca* يتحور النصل في الورقة الى محلاق بينما تكبر الأذنين وتختصر لتقوم بعملية البناء الضوئي .

٢ - أذنين غمدية *Ochrea* : حيث يتكون غمد أنبوي الشكل من التحام حافات الأذنين يحيط بالساق ابتداء من العقدة ولمسافة من السلامة . وتعتبر الأذنين الغمدية من صفات نباتات العائلة الحماضية *Polygonaceae* مثل نبات عصا الراعي *Polygonum amphibium* .

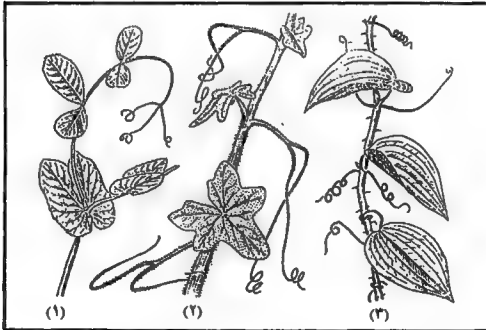
٣ - أذنين طليقة *Free stipules* : حيث توجد على الساق غير متصلة بعنق الورقة ، كما في أوراق العنب *Vitis* والبيجونيا *Begonia* والعديد من أنواع العائلة البقولية *Leguminosae* .

٤ - أذنين عنقية *Petiolar stipules* أو *Adnate* : حيث تكون حافتها ملتحمة بعنق الورقة كما في كثير من انواع نباتات العائلة الوردية *Rosaceae* وبعض البقولية مثل

الترمس *Lupinus termis* والبرسيم الحجازى *Medicago sativa*.

٥ - أذينات محورة Modified Stipules : حيث تتحول الى أشواك Spines كما في السنط *Acacia* أو محاليق Tendrils كما في نبات العشب *Smilax* (شكل ٣٥). والأشواك في السنط تكون عادة مجوفة ومنفتحة. والأذينات في عائلة نبات البن *Rubiaceae* توجد أما على جانبي قاعدة الورقة أو بين القاعدة ومحور الساق وقد تتحد كل أذيتان مع عنق الورقة ليتكون عنهما غلاف واحد. وقد يتكون، في بعض الأجناس، عن الأذيتين غطاء مخروطي الشكل يحمي قمة البرعم، ويسقط عند نموه.

وتتنوع أشكال الأذينات في هذه العائلة، مثلا (١) قد تنجزأ الى تراكيب شوكية ينتهي طرف كل منها بغدة واثنجية (٢) قد تحمل قاعدة الأذينة، كما في البن *Coffea* غددا رفيعة تحمي افرازاتها الأجزاء الفتية من الساق (٣) شوهدت أفرع أذينية *Stipular shoots* في أباط أذنان جنس *Galium* مثل الأشواك التي توجد في أباط الأذينات في جنس *Dam-nacanthus*.



(شكل ٣٥): ١ - ورقة طرفية متحوّرة الى محلاق - لاحظ الأذنتين المتورقتين.

٢ - فرع متحول الى محلاق في نبات الخيار البرى.

٣ - أذنان متحوّرة الى محلاق في نبات العشب.

في بعض نباتات العائلة النجيلية مثل القمح *Triticum* يوجد على كل من جانبي قاعدة النصل زائدة غشائية تشبه في شكلها المخلب تسمى أذنة *Auricle* تحيطان بالساق احاطة تامة وقد ينمو من حافتيها شعور وحيدة الخلية.

منبت الورقة *Leaf insertion*

يطلق على موضع اتصال قاعدة عتق الورقة بالساق اسم منبت الورقة. فإذا وجدت الورقة على الساق الهوائية تسمى ورقة أصلية *Cauline* أما إذا وجدت على عقد الساق القصيرة مثل الجزر *Daucus carota* وتظهر كأنها نامية من الجذر سميت الورقة الجذرية *Radicle leaf*.

وفي بعض النباتات، كما في السوسن *Iris* تتراكب قواعد الأوراق فوق بعضها البعض فتسمى الورقة المترابكة *Equitant*.

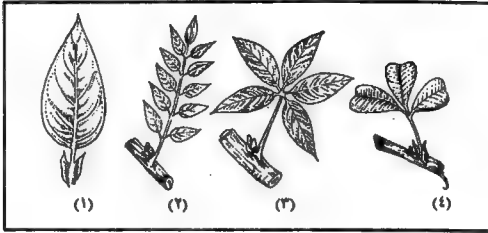
الأوراق المركبة *COMPOUND LEAVES*

الورقة البسيطة ورقة ذات نصل واحد. وإذا أصبح نصل الورقة مقسما إلى عدد من أجزاء صغيرة منفصلة تسمى الوريقات *leaflets* فإن الورقة تسمى المركبة. وهناك اتجاه يوضح أن الورقة البسيطة تعتبر بدائية بالنسبة للمركبة. وتحمل الأوراق المركبة على أفرع النبات ويوجد في آباطها براعم كالأوراق البسيطة، وقد تكون ذات أذينات كما في الورد *Rosa* والبازلاء *Pea*. والوريقات لا توجد في آباطها براعم وهي عادة عديمة الأذينات. ومع هذا ففي بعض الأوراق المركبة توجد عند قاعدة الوريقة أذنة *Stipel* صغيرة تعتبر جزءا من الورقة.

ويوجد نوعان أساسيان من الأوراق المركبة تبعا لطريقة اتصال الوريقات بعنق الورقة (شكل ٣٦):

أ - الورقة المركبة الراحية *Palmate compound leaf*: وتخرج الوريقات من منطقة واحدة تقع عند قمة العنق حيث تشبه إلى حد ما أصابع يد الإنسان. وقد تتركب الورقة من وريقتين فقط فتسمى ثنائية الوريقات *Bifoliate* أو ثلاث وريقات فتسمى ثلاثية الوريقات *Trifoliate* أو عدة وريقات فتسمى عديدة الوريقات *Multifoliate*.

ب - الورقة المركبة الريشية *Pinnate compound leaf*: وتوجد الوريقات على جانبي محور وسطي *Rachis* يمثل العرق الوسطي. وغالبا تكون الوريقات جالسة، وهي عادة تكون متقابلة وأحيانا متبادلة على المحور الوسطي. وإذا انتهت الورقة المركبة بوريقة واحدة طرفية كما في الورد *Rosa spp.* والحمص *Cicer arietinum*



(شكل ٣٦) : أنواع الأوراق.

- ١ - ورقة بسيطة
٢ - ورقة مركبة ريشية
٣ - ورقة مركبة راحية
٤ - ورقة مركبة ثلاثية الوريقات

سميت ورقة مركبة ريشية فردية *Imparipinnate leaf*.

وأحيانا تتحور الوريقة الطرفية أو زوج أو أكثر من الوريقات التي تحتها الى محاليق للتسلق كما في البازلاء *Pisum sativum*. أما اذا انتهى محور الورقة المركبة بوريقتين، سميت ورقة مركبة ريشية زوجية *Paripinnate leaf* كما في العدس *lens esculenta* والسنامكي *Cassia acutifolia*.

وقد تكون الأوراق الريشية أكثر تعقيدا من ذلك التركيب، حيث تتجزأ فيها الوريقات الى عدة أجزاء منفصلة يسمى كل منها ريشة *Pinna* وتحمل الريشات في هذه الحالة على محاور جانبية *Rachilla*، كل منها يمثل محور الوريقة الابتدائية. وفي هذه الحالة تسمى الورقة زوجية التقسيم الريشى *Bipinnate leaf*. وإذا تجزأت الريشات الى رويشات *Pinnules* تحمل على محاور من الدرجة الثانية *Secondary rachilla* كانت الورقة ثلاثية التقسيم الريشى *Tripinnate*.

LEAF DURATION

بقاء الورقة

تختلف الورقة في طول الفترة التي تعيشها على النبات، وتتوقف هذه الفترة بصفة أساسية عن نوع النبات والمناخ.

ومن الأوراق ماتكون قصيرة العمر، سريعة السقوط بمجرد تكوينها *Fugacious* ومنها الذي يسقط في نهاية فصل النمو حيث تبقى فصل نمو واحد ثم تسقط فتسمى متساقطة *Deciduous*. وهناك أوراق تكون ذابلة على الشجرة عند نهاية فصل النمو *Marcescent*.

ولكنها لاتسقط الا عند اقتراب الربيع . وبعض الأوراق تبقى على النبات أكثر من موسم نمو فتعتبر أوراقا دائمة Persistent.

وبصفة عامة تقسم الأشجار تبعا للفترة التي تمضيها الأوراق على الشجرة ، الى دائمة الخضرة Evergreen وهي التي تحتفظ بأوراقها أكثر من عام قبل أن تسقط مثل الكافور Eucalyptus والموالح Citrus . والأشجار متساقطة الأوراق Deciduous تعيش أوراقها فصل نمو واحد ثم تسقط في الخريف والشتاء لتتكون أخرى جديدة في الربيع التالي كما في التوت Morus والتفاح Malus sylvestris.

PHYLLOTAXY

ترتيب الأوراق على الساق

ترتب الأوراق على ساق النبات وفق نظم محددة تختلف تبعا لنوع النبات . ويكون نظام توزيع الأوراق عادة ثابتا بالنسبة للنوع الواحد ويمثل صفة تشخيصية هامة . وتوجد نظم ثلاثة رئيسية لترتيب الأوراق هي النظام المتبادل والمتقابل والسواري .

Alternate or spiral

١ - الترتيب المتبادل أو الحلزوني

هو النظام الشائع في معظم النباتات الزهرية ، وفيه توجد ورقة واحدة عند كل عقدة من عقد الساق ، وترتب الأوراق بالتبادل على جوانب الساق في صفين طويلين أو أكثر . وإذا تصورنا خطا وهميا يدور حول غصن ما ، مبتدئا بقاعدة ورقة ما ومتجها ناحية قمة الغصن حتى يصل الى الورقة التي تقع رأسيا فوق الورقة التي ابتدئ منها ، ظهر هذا الخط لولبيا ويعرف باسم اللولب الوراثي Geneticspiral . في أبسط أنواع الترتيب المتبادل تقع الورقة الثالثة فيه فوق الأولى التي ابتدئ منها ، ويكون اللولب الوراثي قد عمل لفة واحدة مارا بقاعدتي ورقتين متتاليتين (باستثناء الورقة الأولى) ، كما تكون الأوراق مرتبة في صفين طويلين حول الساق . هذا الترتيب تتميز به نباتات العائلة النجيلية Poaceae . وأكثر أنواع الترتيب المتبادل شيوعا ، هو الذي تقع فيه الورقة السادسة فوق الأولى ويعمل الخط الوهمي لفتان حول الساق كما في السورد Rosa والبلوط Quercus والصفصاف Salix والدردار Ulmus.

ونظرا لأن نظام ترتيب الأوراق يكون ثابتا بالنسبة لنوع النبات ، فإن كل ورقة على الساق تنفرج عن التي تليها بزاوية ثابتة تسمى زاوية الانفراج Angle of divergence . يعبر عن هذه الزاوية بكسر حساسي يسمى الاقتران Divergence ويوضح الجزء من محيط الساق الذي يقع بين ورقتين متتاليتين . ويدل البسط في هذا الكسر على عدد اللفات التي يعملها اللولب الوراثي حول الساق بعد أن يصل الى الورقة التي يقع موضعها تماما فوق موضع الورقة التي ابتدئ منها ، أما مقام الكسر فانه يدل على عدد الأوراق التي

مر بها هذا اللولب دون أن تعد الورقة الأولى التي أبتدىء منها . فإذا كان الافتراق في نبات القمح = ٥ , ٠ (أى نصف دائرة) فمعنى هذا أن اللولب الوراثي يعمل لفة واحدة حول الساق حتى يصل الى الورقة التي تتطابق تماما مع الورقة التي ابتدىء منها . ويلمس اللولب ، في هذه الحالة ، قاعدتي ورقتي متاليتين بصرف النظر عن الورقة الأولى . وإذا كانت ٥ / ٢ (٥ / ٢ دائرة) ، فإن اللولب الوراثي يعمل لفتين حول الساق حتى يصل الى الورقة التي تتطابق مع الأولى أى التي تقع معها في نفس الصف ، ويلمس قواعد خمس ورقات من غير أن تعد الورقة الأولى . ومقام الكسر يدل أيضا على عدد صفوف الأوراق حول الساق وكذلك على عدد السلاميات التي توجد بين الورقة الأولى والتي تتطابق معها تماما . وفي نبات الكمثرى *Pyrus communis* يكون الافتراق ٥ / ٢ بينما في شجرة التامول *Betula alba* يكون الكسر ٣ / ١

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{5} \quad \frac{3}{8} \quad \frac{5}{13} \quad \frac{8}{21} : \text{والكسور الشائعة هي:}$$

وينضج من دراسة هذه الكسور وجود علاقة بين بعضها البعض تظهر صورتها في أن قيمة أى منها ، بسطا ومقاما يكون مساويا تجاوزا لمجموع بسطى ومقامى الكسرين الذين يسبقانه مباشرة . والكسران ٥ / ٢ ، ٨ / ٣ هما الشائعان في ذوات الفلفتين غالبا .

ولايجاد مقدار زاوية الانفراج تضرب قيمة الكسر $360 \times$. ففي النجيليات تكون الزوايا ٥ , ٠ $\times 360 = 180$ درجة ، وفي النضاح والقطن تكون ٤ , ٠ $\times 360 = 144$ درجة . ويمكن التعبير عن هذه الكسور بدوائر متحدة المركز ، توضح كل منها إحدى عقد الساق ، بحيث تكون الدائرة الخارجية عملة للعقدة القاعدية التي توجد عندها الورقة التي ابتدىء منها ، بينما الدائرة الداخلية تمثل عقدة الورقة المتطابقة معها وتوضح هذه الدوائر أماكن الأوراق .

Opposite Arrangement

الترتيب المتقابل

في هذا الترتيب توجد ورقتان متقابلتان عند كل عقدة من عقد الساق وبذلك تكون الزاوية بينهما ١٨٠ درجة . وقد تقع الورقتان المتقابلتان عند أى عقدة في مستوى يكون عموديا على مستوى ورقتي العقدة التي تحتها أو التي فوقها مباشرة ، فتتكون أربعة صفوف من الأوراق ويسمى هذا النظام بالمقابل المتصالب Opposite and decussate كما في الدورنتا .

وقد تكون الورقتان المتقابلتان على عقدة ما واقعيتين في مستوى يتطابق مع مستوى

ورقتى العقدة السابقة أو التالية فيتكون صفان فقط من الأوراق. ويسمى هذا النظام بالتقابل المتطابق (أى الأوراق متقابلة وفوق بعضها البعض).

Whorled Arrangement

٣ - الترتيب السوارى

في هذا النظام توجد ثلاث أوراق أو أكثر عند العقدة، مكونة سوارا يحيط بها. وتتبادل الأوراق عن بعضها بمسافات منتظمة وإذا وجدت ثلاث أوراق عند العقدة كما في نبات الدفلة Nerium فإن كل ورقة تبعد عن الأخرى بمسافة تساوى $\frac{3}{1}$ محيط الساق فتترتب الأوراق في ثلاثة صفوف.

ورغم أن نظام ترتيب الأوراق على الساق يوضح صفة وراثية في نوع النبات، فقد يختلف ترتيب الأوراق أحيانا على نفس النبات. ومن الأمثلة على ذلك نبات عباد الشمس *Helianthus annuus* الذي يشاهد فيه النظام المتبادل والمتقابل والسوارى.

وقد توجد تنوعات أخرى في ترتيب الأوراق كما في الكتان. وقد يتغير وضع الأوراق على الساق نتيجة لالتواء الساق أثناء نموها استجابة للضوء، ونتيجة التزاحم الشديد بين النباتات وبعضها البعض.

HETEROPHYLLY

التباين الورقى

كثيرا مايتغير شكل الورقة على نفس النبات خلال مراحل نموه. وتعرف ظاهرة وجود أوراق مختلفة الأشكال على نفس النبات بالتباين الورقى. وقد يختلف شكل الورقة في المرحلة المبكرة من النمو الخضرى عنه في المرحلة المتأخرة وأحيانا يحدث التغير في الشكل خلال مرحلة تكوين الأزهار أو يسبقها. ويتضح صورة تباين الأوراق في الشكل بدراسة نبات القطن حيث تكون أوراقه صغيرة قلبية الشكل في مرحلة النمو الخضرى الأولى. ثم تصبح الأوراق مفصصة راحية التعريض بتقدم النمو. وفي نبات *Malva moschati* تكون حافة الورقة كاملة تصبح بعدها مجزأة.

. وفي نبات الينسون *Pimpinella anisum* يتكون طرازان من الأوراق، السفلى منها تكون طويلة الأعناق بسيطة متطاولة ذات حافة مسننة، الأوراق العليا مجزأة الى قطع صغيرة ريشية. والأوراق البسيطة في كثير من أنواع جنس *Salvia* يتضح فيها عديد من التنوعات الشكلية من الحافة الكاملة الى المسننة والمفصصة وحتى المجزأة. وفي النباتات المائية، تكون الأوراق المعمورة في الماء مجزأة خيطية بينما الأوراق الهوائية مفصصة.

SPECIALIZED LEAVES

الأوراق المتخصصة

تقوم الورقة بوظائف أساسية للنبات مثل البناء الضوئى والنتح. وفي بعض النباتات

تخصص الأوراق أو أجزاء منها للقيام بوظائف أخرى، وتبعاً لذلك قد تفقد وظائفها الأساسية أو جزء منها. من أمثلة الوظائف التخصصية ما يأتي :

١ - التسلق : Climb

تتحور الورقة أو جزء منها في بعض النباتات الى محلاق يساعد النبات على التسلق . ففي نبات حمام البرج *Lathyrus aphaca* يتحور النصل الى محلاق، بينما في البسلة *Pea* والفاصوليا *Phaseolus* تتحور بعض الوريقات الطرفية للورقة المركبة الى محاليق تسلقية (شكل ٣٥)، وقد تتحور الأذينات الى محاليق كما في نبات العشب *Smilax*. وفي نبات *Mutisia elicifolia* يمتد العرق الوسطى في صورة محلاق بينما في نبات ابي خنجر يستطيل العنق ليصبح في شكل محلاق، كما في جنس *Fumaria* من العائلة الحشخاشية *Papaveraceae* بينما في جنس *Corydalis* يتسلق النبات بواسطة محاليق متفرعة عند نهاية عنق الورقة.

٢ - التخزين : Storage

تخصص قواعد أوراق بعض نباتات ذات الفلقة الواحدة لاسيما من العائلة الزنبقية *Liliaceae* مثل التوليب *Tulip* في تخزين الغذاء فتصبح سميكة لحمية، وتعتبر فلقات أجنة الكثير من بذور النباتات ذات الفلقتين أوراقاً بذرية متخصصة في اختزان غذاء الجنين اللازم لتكوين البادرة.

وتتحور أوراق بعض النباتات لتخزين الماء، مثل نبات الشوك الأحمر *Salsola* و *Peperomia*. ومثل هذه الأوراق تحتوى بداخلها على نسيج اختزانى للماء، وتحاط من الخارج بطبقة واقية سميكة من مادة شمعية تسمى الكيوتين *Cutin*.

٣ - الحماية : Protect

تقوم حراشيف البراعم بحماية الأجزاء الداخلية للبراعم الشتوية من عوامل البيئة الضارة أثناء الشتاء وتكون هذه الحراشيف جلدية سميكة تغطي بطبقة سميكة من الكيوتين أو الشمع أو بشعيرات كثيفة، وغالباً تكون هذه الحراشيف أنصلاً أو أذينات . وتقوم الأوراق الحرشفية بحماية براعم السيقان الأرضية والبراعم الشتوية . وقد تتحور الورقة كلها، أو جزء منها، الى شوك للحماية من الحيوانات أو تقليل التساقط . ومن الأمثلة على ذلك، تحور أوراق نبات الصبار *Aloe* الى أشواك، والأذينات الى أشواك مثل النبق والسنت *Acacia*.

وقد تتحور قاعدة الورقة لحماية الجزء القاعدى من البرعم الابطى بالاشتراك مع

أذيتها، وتصبح في هيئة تركيب ثلاثى الأسنان عند القمة كما في نوع الورد *Rosa*.
canina وهناك أوراق زهرية تقوم بوظيفة الحماية مثل :

أ - القنبوى *Spathe*

وهو ورقة كبيرة سميكة متخشبة تقوم بحماية النورة كما في نخيل جوز الهند *Cocos nucifera* ونخيل البلح *Phoenix dactylifera*.

ب - العصيفة *Lemma* والأتب *Palea*

وهما قنابتان صغيرتان تحميان الأعضاء الأساسية لأزهار نباتات العائلة النجيلية
Poaceae مثل الذرة *Zea mays* والقمح *Triticum spp.*

ج - القنايع *Glumes*

وهي أوراق زهرية، تحيط اثنتان منها بكل سنبلية *Spikelet* كما في القمح .

٤ - التكاثر الخضري *Vegetative reproduction*

تتميز أوراق بعض النباتات، مثل البيجونيا *Begonia* بمقدرتها على تكوين براعم عرضية عند زراعتها، تنمو مكونة نباتات جديدة . وتتكون براعم عرضية عند تعرجات حافة أوراق نبات *Bryophyllum* تتكشف عنها نباتات صغيرة تنفصل بسهولة عن الورقة، وإذا سقطت فوق تربة رطبة فإنها تستمر في النمو لتكون نباتات جديدة (شكل ٣٧).

٥ - الأوراق الأولية *Prophylls*

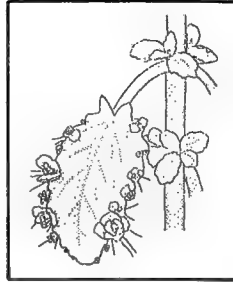
وهي أوراق صغيرة مختزلة تحمل أحيانا على السويقة الجنينية العليا للبادرات، أو عند قاعدة الأفرع الجانبية. وعادة يوجد اثنان منها في ذوات الفلقتين، وواحدة للفلقة الواحدة. وهذه الأوراق تكون متبادلة أو متقابلة. ولم يعرف لهذه الأوراق أهمية للنباتات.

٦ - القنابة *Bract*

وهي ورقة توجد الزهرة في إبطها، قد تكون ملونة زاهية اللون كما في الجهنية *Bougainvillea*.

٧ - الأوراق قاتصة الحشرات *Insect Capturing Leaves*

تتخصص أوراق حوالى ٥٠٠ نوع من النباتات تنمى الى بضع عائلات مختلفة في اقتناص الحشرات. ويتم اقتناص الحشرة بواسطة تركيب معين يتكون أما عن محور في نصل الورقة أو جزء منها. وتنمو هذه النباتات عادة في الأراضي الغدقة التي يقل فيها



(شكل ٣٧): يوضح تكشف البراعم
المرضية عند تستنت
حافة نصل الورقة في
نبات بروفيلم.

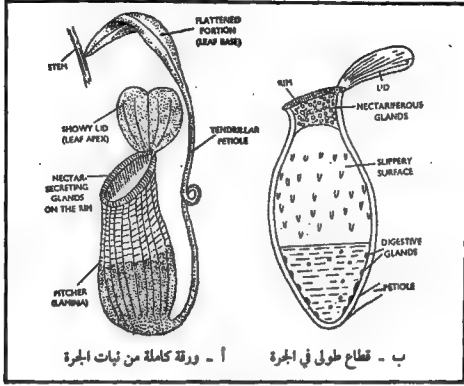
مقدار عناصر غذائية معينة أو يصعب امتصاص المقادير الكافية منها. هذه النباتات خضراء، ولهذا فإنها تقوم بعملية البناء الضوئي. ويعتبر الغذاء الذي تحصل عليه من الحشرات كمكلا للغذاء الذي تجهزه بنفسها. ومن أشهر النباتات ذات الأوراق قانصة الحشرات، نباتات الجرة، وخنق الذباب، وورد الشمس وحامول الماء.

١ - نباتات الجرة Pitcher Plants

يتنمى هذا النبات الى عائلة Nepenthaceae. وتمثل النباتات التابعة لجنس Nepenthes أشهر النباتات ذات الجرات Pitchers (شكل ٣٨)، ويرجع ذلك الى جمال جرائها وألوانها الزاهية ورائحتها العطرة. وسيقان هذه النباتات متسلقة بواسطة محاليق ناتجة عن محور العرق الوسطى لنصل الورقة. يضم جنس Nepenthes حوالي ٦٨ نوعا تعيش في المناطق الحارة، وأوراقها جالسة متبادلة. يتميز في نصل الورقة ثلاثة أجزاء متخصصة هي:

- أ - الجزء القاعدى منبسط أخضر اللون متورق.
- ب - الأوسط رفيع طويل على شكل محلاق.
- ج - الطرفى على شكل جرة أسطوانية الشكل تقريبا.

ويوجد للجرة غطاء مفصل زاهى اللون يختلف شكله تبعاً لنوع النبات. فقد يكون بيضاوى الشكل أو قلى أو كلى. ويمتلئ قاع الجرة بسائل يحتوى على انزيمات هاضمة لأجزاء جسم الحشرة الرهيفة، وتوجد عند فوهة الجرة حافة معرجة تبرز منها



(شكل ٣٨) : النباتات قانصة الحشرات

نتوءات الى الداخل على شكل أسنان متوازية ومنحنية الى أسفل نحو تجويف الجفرة. يتوزع بين هذه الأسنان نموات تفرز رحيقا لزجا يجذب الحشرات ويجعل سطح هذه الحافة لزجا وناعما يتعلز على الحشرة أن تقف عليه. وفي كثير من أنواع جنس *Nepenthes* يغطي السطح الداخلى للجفرة بشعيرات جامدة خطافية أطرافها منحنية الى أسفل، وبه عديد من غدد تفرز مواد هاضمة لأجسام الحشرات. ويوجد عند قاع الجفرة من الداخل غدد تقوم بوظيفة الامتصاص. والسطح الخارجى للجفرة والمحلاق والجزء القاعدى المنبسط من النصل والسطح السفلى الداخلى لغطاء الجفرة وكذلك ساق النبات تكون مغطاه بغدد تفرز مواد جاذبة للحشرات.

وتساعد الألوان الزاهية للجفرة على اجتذاب الحشرات اليها. وحينما تقف الحشرة على حافة فوهة الجفرة تنزل وتسقط في قاع الجفرة ويقفل غطاؤها. وتحاول الحشرة الصعود غير أن الشعيرات الخطافية تمنعها وينتهى الأمر بأن تفرق في السائل الموجود في قاع الجفرة حيث تهضم وتمتص نواتج عملية الهضم.

الجفرة في بعض الأنواع التي توجد في الملايو يبلغ طولها حوالى قدم ونصف، وهناك نوع من جنس *Sarracenia* في الولايات المتحدة الأمريكية قد يصل طول الجفرة في نباتاته الى

حوالى باردة.

٢ - نبات ورد الشمس Drosera Rotundifolia

ينتمى هذا النبات الى عائلة Droseraceae أو عائلة ورد الشمس . وجنس Drosera هو أحد الأجناس الأربعة في هذه العائلة ويضم حوالى ٨٥ نوعا من نباتات معظمها عشبية تعيش في المناطق الحارة والمعتدلة ، ونبات ورد الشمس عشبي معمر يغلف برعمه الطرفي بأذينات الأوراق . والنبات يستطيع أن يعيش بدون الحشرات الا أن عدد البذور التي ينتجها يكون أقل مما اذا تغذى على نواتج حطام أجسام الحشرات . والبذور صغيرة ذات أندوسنبرم محبب .

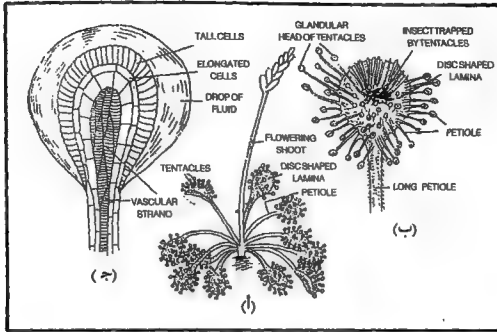
والورقة ذات عنق اسطوانى الشكل ونصل مستدير يغطى سطحه العلوى بشعيرات غدية حساسة ، مستقيمة يتراوح عددها بين ١٥٠-٢٠٠ شعيرة . وتكون الشعيرات الموجودة في وسط النصل قصيرة وقائمة وأعناقها خضراء اللون . وتزداد الأعناق في الطول تجاه حافة النصل ويكون لونها أحمر قرمزي . يوجد لكل شعيرة رأس غدية متفتحة كروية الشكل يغطى سطحها بطبقة من خلايا تفرز سائلا لزجا يلمع في ضوء الشمس فيشبه قطرات الندى ، يساعد بريقه في اجتذاب الحشرات الى الورقة . هذه الشعيرات شديدة الحساسية لأجسام الحشرات حتى الخفيفة جدا (شكل ٣٩) .

وتجذب الحشرات الى الورقة ببريق قطرات السائل المفرز من الرؤوس الغدية متصورة أنه رحيقا ، فاذا لمست الشعيرات فانها تلتصق بها وكلما تحاول أن تخلص نفسها تزداد التصاقا بها ، وفي نفس الوقت تنحني عليها بقية الشعيرات وتحيط بها وبذلك تغمرها الافرازات اللزجة وتمتد الى فتحات القصبيات التنفسية فتختنق الحشرة .

وعند ذلك تقوم الشعيرات بافراز عصارات هاضمة لأجزاء الجسم الطرية والدم . وبعد عملية الهضم ، تقوم الخلايا السطحية للنصل بامتصاص نواتج عملية الهضم ، أما الأجزاء التي لم تهضم فتترك لتحملها الرياح . ومن الحشرات التي تقتصها أوراق هذا النبات ، الذباب والخناسس والفراشات الصغيرة . وبعد أن تتم عملية الامتصاص تستقيم الشعيرات ثانية انتظارا لفريسة جديدة .

٣ - خنق الذباب Dioneae Muscipula

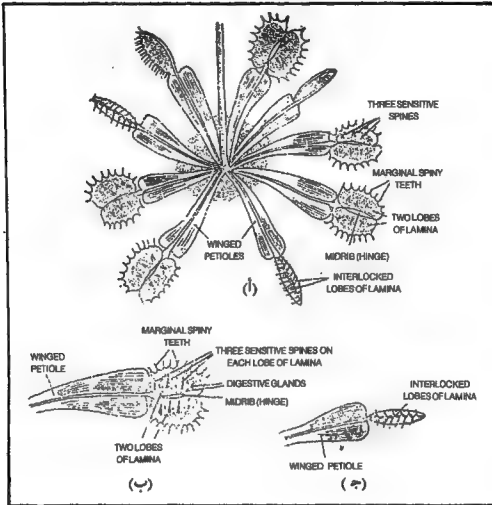
ينتمى هذا النبات أيضا الى عائلة ورد الشمس Sundew family . يضم جنس Dioneae نوعا واحدا يوجد في الولايات المتحدة الأمريكية وهو معمر تحمل ساقه مجموعة من أوراق جذرية يبلغ طول كل منها حوالى نصف قدم . عنق الورقة أخضر اللون متورق منبس ، تزيه شعور نجمية لونها بنى ، ويكون عريضا من طرفه الأمامى ويضيّق



(شكل ٣٩) : النباتات قانصة الحشرات

- (أ) ورقة نبات ورد الشمس ذو الأوراق الجلدية المتوردة والمتوردة.
 (ب) ورقة نبات الديونيا يوضع انحناء الشعور ذات الرؤوس الغدية الحساسة على حشرة.
 (ج) قطاع طولى يوضح تركيب الجزء الغدى من الشعور الحساسة.

تدريجياً تجاه قاعدته. والنصل يتحول الى مصيدة لاقتناص الحشرات (شكل ٤٠).
 يتركب النصل من نصفين متقابلين وعلى كل من حافتيه صف من أسنان شوكية صلبة عددها حوالى من ١٢-٢٠، طول كل منها ١.٥-١ سم. ويوجد على السطح العلوى لكل من نصفي النصل ثلاث شعيرات شوكية شديدة الحساسية تكون مرتبة على زوايا مثلث، وكذلك شعيرات عديدة غدية صغيرة تفرز عند تأثرها بالحشرة عصارة هاضمة. وعندما تقف حشرة على سطح النصل وتلمس إحدى الشعيرات الحساسة، يتقل التنبيه الى منطقة العرق الوسطى فتتكشف خلاياها التي على السطح العلوى للنصل بينما تنبسط الخلايا التي على السطح السفلى. ونتيجة لذلك ينطبق نصف النصل بسرعة على طول امتداد العرق الوسطى، وتتداخل مع الأسنان الشوكية، وبذلك تحجز الحشرة بين نصفي النصل اللذين يشبهان صدفة المحار. وعند هذه المرحلة تقوم الشعيرات الغدية بافراز عصارة هاضمة لأجزاء الحشرة الطرية. وبعد أن تتم عملية الهضم تمتص نواتجها، وينبسط النصل ثانية. وتستغرق عملية انطباق نصفي النصل حوالى ثانية واحدة.



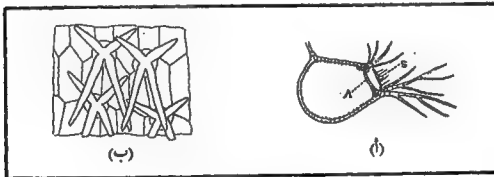
(شكل ٤٠): نباتات قانصة الحشرات

- أ. نبات خثاق الذهب.
 ب. نصل ورقة منبسط يوضح الشعور الشوكية الحساسة.
 ج. نصل ورقة منطبق الخافتين.

٤ - حامول المساء *Utricularia Vulgaris*

يضم جنس *Utricularia* حوالي ٢٠٠ نوع من النباتات العشبية، يعيش معظمها في مستنقعات المناطق الحارة. وحامول الماء نبات عديم الجذور، أوراقه مجزأة يوجد مغمورا في الماء. تتحرك بعض أجزاء نصل الورقة الى تراكيب حويصلية على شكل مثانات يتراوح طول الواحدة منها بين ٤-٥ ملليمتر، وتشبه في عملها المصيدة، أى أنها تسمح بدخول الحيوانات المائية الدقيقة، بينما تمنعها من الخروج.

تتميز فوهة المثانة بوجود شفة عليا، وأخرى سفلى سميكة تنتهي بتركيب على شكل وسادة تمتد قليلا الى داخل جسم المثانة. الشفة العليا تحمل تركيبا رقيقا ومرنا في هيئة صمام يشبه في عمله المصيدة، يفتح للداخل فقط. يرتكز الطرف الطليق للصمام على وسادة الشفة السفلى، ويكون كافيا لغلاق فوهة المثانة تماما. يوجد عند حافة الفوهة بضع شعيرات جامدة شوكية حساسة (شكل ٤١). كما توجد غدد على سطح المثانة الداخل تقوم بإفراز مواد لزجة وسكرية تساعد في اجتذاب الحيوانات المائية الدقيقة ويرقات الحشرات. وعندما تنقل التيارات المائية إحدى يرقات الحشرات الصغيرة أو الحيوانات المائية الدقيقة الى موضع المثانات فإنها تحاول أن تدخلها بحثا عن مأوى من المفترسات أو لأنها تتوقع وجود غذاء بها. فإذا لمست الشعيرات الجامدة عند فوهة المثانة، انفتحت الفوهة قليلا فيندفع تيار الماء من فتحة الفوهة حاملا معه الحشرة. بعد ذلك يعود الصمام الى وضعه الأول، وتحاول الحشرة عبثا الخروج، فمن المستحيل دفع الصمام الى الخارج لارتكازه فوق الوسادة. وبمرور الوقت تموت الحشرة اما بالاختناق أو الجوع وبعد ذلك يحلل جسم الحشرة وتقتص النواتج الذائبة بواسطة شعيرات نجمية الشكل تبطن السطح الداخلي للمثانة.



(شكل ٤١): أ - حامل الماء يوضح تركيب المثانة المتخصصة في اقتناص الحشرات.
ب - الشعور الموجودة على فوهة المثانة.

الفصل الثامن

التركيب الداخلي لجسم النبات الزهري

- الخلية النباتية .
- تركيب الخلية النباتية .
- السيتوبلازم .
- النواة .
- البلاستيدات .
- الميتوكوندريا .
- الريبوزومات .
- الديكتيوسومات .
- الأجسام الكروية .
- الأنبيبات الدقيقة .
- الليسوسومات .
- المكونات غير البروتوبلازمية .
- الفجوات والمصير الخلوي .
- الكريوهيدرات .
- البروتينات .
- الزيوت والدهون .
- الكيوتين والسوبرين .
- الشموع النباتية .
- اللبنة النباتي .
- الراتنجات .
- الدباحيات .
- أشباه القلويدات .
- الانزيات .
- البلمورات .

الفصل الثامن

التركيب الداخلى لجسم النبات الزهرى

يتركب جسم النبات الزهرى من أعضاء مختلفة هى الجذر والساق والأوراق والأزهار وغيرها . وكل من هذه الأعضاء يتركب داخليا من عدد من الأنسجة ، بعضها يكون بسيطا يتركب من نوع واحد من الخلايا ، والبعض الآخر يكون معقدا يتركب من أكثر من نوع . وتتظم أنسجة النبات معا بطريقة منسقة لتكوين الأعضاء ، والتي يكون كل منها مكيفا لأداء وظيفة أو وظائف معينة .

والأنسجة الرئيسية التي توجد في جسم النبات الزهرى ، يمكن تجميعها في ثلاث وحدات نسيجية كبرى تمتد في جسم النبات تسمى الأجهزة النسيجية ، وهى الجهاز النسيجي الضام Dermal tissue system والجهاز النسيجي الوعائى Vascular tissue system والجهاز النسيجي الأساسى Fundamenta tissue system . والجهاز النسيجي الضام يشمل البشرة التي تحيط بالجسم الابتدائى للنبات ، وكذلك البريدرم Periderm التي تحيط بأعضاء النبات ذات النمو الثانوى . الجهاز النسيجي الوعائى يشمل نسيج الخشب ونسيج اللحاء ، ويقرنان معا في جهاز متصل يمتد في جميع أعضاء النبات . ويوصل هذا الجهاز مناطق امتصاص الماء والمواد الذائبة وتجهيز الغذاء بمناطق النمو واستهلاك الغذاء وتخزينه . أما الجهاز النسيجي الأساسى فيشمل جميع الأنسجة التي تتكون منها أرضية أعضاء النبات ، وهى القشرة والنخاع في كل من الجذر والساق ، والنسيج المتوسط في الورقة . ويعتبر النسيج البارنكيما أكثر أنواع الأنسجة شيوعا في الجهاز النسيجي الأساسى ، وغالبا يشترك معه كل من النسيج الكولنكيما والنسيج الاسكلرنكيما .

وتترتب أنسجة النبات الزهرى في جسمه وفق طرز مختلف ، أساسيا ، تبعا لعضو النبات . وتتحصر الاختلافات الرئيسية بين هذه الطرز في توزيع كل من الأنسجة

السوعية وغير السوعية. فمثلا، في سيقان النباتات ذات الفلقتين، يتوزع النسيج الوعائي في صورة أشرطة منفصلة من حزم وعائية جانبية مفتوحة. هذه الحزم، يوجد الى الخارج منها، نسيج أساسي يسمى القشرة والتي تغلفها البشرة، ومن الداخل يوجد نسيج آخر أساسي يسمى النخاع. أما في السيقان ذات الفلقة الواحدة، فإن الحزم الوعائية غالبا تتوزع بدون نظام في نسيج أساسي، وتكون جانبية مغلقة. وفي الجذر، تكون الحزم الوعائية قطرية، وفي كثير من الأحيان لا يوجد نخاع، غير أن القشرة والبشرة يكونان موجودان.

هذا النبات الزهري المعقد التركيب، ينشأ عن اللاقحة Zygote في البويضة وبعد مراحل نمو تنتهي بتكوين جنين البذرة. وخلال عملية تكشف الجنين، تتحدد منطقة مرستيمية عند كل من طرفية تسمى هاتان المنطقتان بالمرستيم القمي للريشة والمرستيم القمي للجذر. بعد الانبات وخلال مراحل النمو التالية، ينشأ عن هذين المرستيمين، المجموع الخضري والمجموع الجذري للنبات على الترتيب. تنشأ الأجزاء الجانبية للساق، مثل الأزهار والأوراق، من مرستيمه القمي. وفي الجذر، تنشأ الجذور الجانبية من الطبقة المحيطة له بعيدا عن مرستيمه القمي.

يتضح مما سبق، أن الجسم الأساسي للنبات، والذي يسمى الجسم الابتدائي Primary body ينشأ عن الجنين ومرستيمية القمين: وجميع أعضاء جسم النبات قد تتربك من أنسجة ابتدائية، أو جزء من أنسجة ابتدائية وجزء من أنسجة ثانوية. وهذه الأعضاء لا تعمل مستقلة عن بعضها، فهناك تنظيم وتنسيق بين أنشطتها المختلفة.

ويزداد قطر سيقان الغالبية العظمى من ذوات الفلقتين نتيجة لنشاط مرستيم جانبي يدعى الكامبيوم الوعائي Vascular cambium. هذا المرستيم تتكون عنه أنسجة وعائية ثانوية هي الخشب الثانوي واللحاء الثانوي. ونتيجة للزيادة في قطر الساق، تتمزق البشرة وتفقد وظيفتها كنسيج حماية، ولهذا يقوم النبات بتكوين نسيج خارجي واق من الفلين، وذلك من مرستيم جانبي آخر يدعى الكامبيوم الفليني Phellogen. والأنسجة الثانوية التي يقوم بتكوينها مرستيمات جانبية، تمحجب أو تدمر أجزاء من الجسم الابتدائي للنبات.

الخلية النباتية

THE PLANT CELL

يتربك جسم النبات في مغطاة البذور من أنواع متعددة من الخلايا، تتباين في شكلها وحجمها وتركيبها ووظيفتها، بالإضافة الى تنوع الأنسجة التي تتكون منها. هذه الاختلافات، وغيرها، تصف التنظيم الخلوي في النباتات مغطاة البذور بالتعقيد.

ويمكن أن يقال بصفة عامة أن رقى النباتات يتبعه تعقيدا في تركيبه .

وترجع بداية المعرفة عن الخلية النباتية الى القرن السابع عشر الميلادى حينما استطاع الباحث الانجليزي روبرت هوك Robert Hooke (١٦٣٥ - ١٧٢٣) أن يرى جدارها فقط في عام ١٦٦٥ في شريحة من الفلين كان يفحصها بواسطة مجهر مركب Compound microscope وهو عبارة عن صورة محسنة للمجهر البسيط الذي اخترعه صانع العدسات الهولندي ليفونوك Anton Van Leeuwenhook. ولقد لاحظ روبرت هوك أن شريحة الفلين تشبه في شكلها العام ، الأساس الشمعى الخاص بنحل العسل ، فهي تحوى تجاويف غير عميقة أطلق على كل منها كلمة Cellula وهى كلمة لاتينية معناها (حجرة صغيرة) . ولقد اشتقت كلمة Cell باللغة الانجليزية من كلمة Cellula في اللغة اللاتينية .

ولقد ذكر هوك أن البوصة المكعبة من الفلين تحتوى على حوالى ١٢٥٠ خلية . ولم يستطيع هوك في تلك الفترة أن يرى ماتحتويه خلايا أخرى من بروتوبلازم ، وإنما لاحظ أن خلايا كثيرة في أنسجة أخرى تحتوى على (عصير مغذى) ، ولهذا اعتبرها (حية) وليست (ميتة) مثل خلايا الفلين .

ثم مضت فترة طويلة حوالى ١٥٠ سنة ، خلت تقريبا من اكتشافات هامة في مجال تركيب الخلية . ويعتبر عام ١٨٣٣ حدثا هاما في تطور المعرفة عن تركيب الخلية . فقد استطاع الاسكتلندى روبرت براون Robert Brown أن يرى جسما كبيرا في الخلية أطلق عليه اسم النواة Nucleus. ثم بعد فترة أوضح الألماني شليدن Schleiden أن النواة تحتوى بداخلها على جسم صغير أسماه النوية Nucleolus.

وفي عام ١٨٣٩ قدم الألمانيان ، عالم النبات شليدن Schleiden (١٨٠٤ - ١٨٨١) وعالم الحيوان تيودور شوان Theodor Schwann (١٨١٠ - ١٨٨٢) نظريتهما المعروفة باسم النظرية الخلولية The cell theory عن التركيب الخلولى للكائن الحى . وأوضحا أن الكائن الحى يتركب من تجمع عديد من الخلايا ، وأن الخلية هى الوحدة البيولوجية للحياة . وكانت هذه النظرية إحدى الأسس التي بنى عليها علم الحياة الحديث .

وفي عام ١٨٤٦ أدخل الألماني فون موهل Hugo Von Mohl مصطلح بروتوبلازم Protoplasm للدلالة على المادة الحية في الخلية . وبعد أكثر من ثلاثين عاما ، استخدم هانشتين Hanstein مصطلح بروتوبلاست Protoplast يعبر به عن الخلية ، وحاليا ، أصبحت كلمة خلية Cell تطلق على البروتوبلاست محاطا بجدار خلوى .

وبعد حوالى عشرون عاما من اعلان النظرية الخلولية أوضح الطبيب الألماني رودلف فيرشو Rodolf Virchow أن الخلايا تنشأ عن خلايا أخرى سابقة لها ، وبذلك أكد استمرارية أو اتصال الحياة .

ولقد ظهرت هذه الاكتشافات وغيرها بعد استخدام مجاهر محسنة وتطور طرق الفحص. واستمرت التعديلات تجرى على المجاهر الضوئية، فامكن مشاهدة تراكيب جديدة في الخلية مثل الميتوكوندريا Mitochondria والدكتيوزومومات Dictyosomes والبلاستيدات Plastids.

ومنذ أكثر من خمسين عاما، اخترع المجهر الإلكتروني والذي بواسطته اكتشفت تراكيب خلوية جديدة لم تستطع المجاهر الضوئية أن تظهرها، مثل الشبكة الاندوبلازمية والأغشية السيتوبلازمية والريبوزومات، كما أمكن معرفة التركيب الداخلي لأجسام البلاستيدات والميتوكوندريا والنواة. ولقد كان من العسير الوصول الى هذه المعرفة الجديدة بالمجهر الضوئي نظرا لأن قوة تكبيره العظمى للأجسام المرئية حوالى ١٢٠٠ مرة بينما تصل بالمجهر الإلكتروني الى حوالى ١٦٠ ألف مرة. ويظهر المجهر الضوئي الأجسام التي لا يقل قطرها عن ٢ ميكرون بينما المجهر الإلكتروني يظهر الأجسام التي يقل قطرها الى حوالى ١٠ أنجستروم (المليمتر = ١٠٠٠ ميكرون، الميكرون = ١٠٠٠٠ أنجستروم Angstrom).

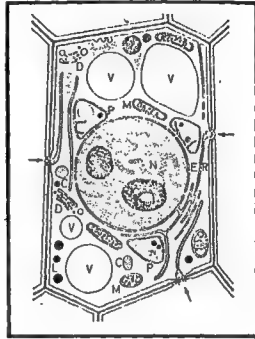
ولامكان دراسة الخلية بواسطة المجهر الإلكتروني، يتحتم أن تكون القطاعات النباتية رقيقة جدا يتراوح سمكها بين ١٠٠-٥٠٠ أنجستروم بينما في حالة المجهر الضوئي، يمكن أن يكون سمك القطاع حوالى ٢-٤ ميكرون.

إن الخلية النباتية لا تزال تحظى باهتمام العلماء وتنال الأبحاث عنها قسما كبيرا من جهودهم، فهي وحدة بناء جسم النبات ومركز النشاط الحيوى فيه. تحتوى على تراكيب حية تعمل في ترابط تام، وتحدث في الخلية عمليات حيوية مختلفة تجرى بدقة واحكام. وقد تخصص بعض الخلايا في صنع الغذاء وأخرى لنقله وتوزيعه أو تخزينه وغيرها لامصاص الماء، كما توجد خلايا متخصصة في تدعيم النبات أو حماية أنسجته.

وتعرف الخلية (شكل ٤٢) بأنها عبارة عن بروتوبلاست Protoplast يكون محاطا بجدار أو غشاء خلوى، وتوجد اما منفردة أو متجمعة. ويطلق اصطلاح (خلية) أيضا على الوحدات التي تتركب من جدار خلوى فقط مثل الألياف والقصبيات، وهذه فقدت بروتوبلاستها عند النضج.

شكل الخلية وحجمها

توجد تنوعات كثيرة في أشكال خلايا أنسجة النباتات الزهرية. فبعض الخلايا تستطيل في اتجاه المحور الطولى للنبات كما في ألياف الخشب واللحاء. وهناك خلايا أخرى يزداد حجمها في جميع الاتجاهات وتكون جدرانها رقيقة، مثل الخلايا البارنكيمية



(شكل ٤٢): يوضح التركيب العام
للخلية النباتية الحية

في لحم ثمار الموالح والبطيخ وتوجد خلايا مكعبة، كروية الشكل، اسطوانية، مغزلية، مفصصة أو نجمية، طويلة ضيقة ذات أذرع جانبية، أو عديدة السطوح ذات جدر مطوية، وغيرها.

وتتنوع الخلايا أيضا في حجمها. فقليل من خلايا النباتات الزهرية يقل قطرها عن عشرة ميكرون أو يزيد عن ٢٠٠ ميكرون. والخلية البارنكيمية العادية ذات قطر يتراوح بين ١٠ - ١٠٠ ميكرون بينما يصل قطر الخلايا البارنكيمية في لحم ثمار الفاكهة إلى ملليمتر أو أكثر للدرجة يمكن تمييزها بالعين المجردة، وقد يصل حجمها إلى حوالي ٣٥٠ ألف مرة قدر حجم الخلية المرستيمية التي نشأت عنها.

والغالبية العظمى من الخلايا تكون مجهرية. والحجم الصغير لمعظم الخلايا يمكن ادراكه من بعض الدراسات الخاصة، فمثلا يوجد حوالي مليون خلية في البوصة المربعة من بشرة الورقة العادية، كما أن قطاع عرضي يبلغ سمكه حوالي ملليمتر في الجزء الضريب من طرف الجذر في نبات اللوبيا البلدى *Vigna unguiculata* قد يحتوي على حوالي ١٢٨ ألف خلية وأن ورقة تفاح متوسطة تحتوي على حوالي ٥٠٠ مليون خلية. ولقد وجد كثير من الباحثين تآرجح كبير في حجم نوع معين من الخلايا في النبات الواحد فمثلا، أوضح بعض الباحث أن حجم القصيبة في الفرع يكون أقل منه في الساق، وأن طول القصيبة يتحدد تبعا لطول بداءة الكامبيوم. ورغم أن الغالبية العظمى من الخلايا تكون مجهرية، فهناك خلايا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، مثلا شعر نبات القطن والتي

يصل طولها في بعض الأصناف الى حوالي ٥٠ ملليمتر، وألياف اللحاء الابتدائي مثل ألياف السيسال والكتان والجوت. يبلغ طول الخلية الليفية في السيسال ٨-٨ ملليمتر والكتان ٩-٧٠ ملليمتر والجوت ٨-٦ ملليمتر. والخلية الليفية في ألياف نبات الرامى *Boehmeria nivea* قد يصل طولها الى حوالي ٥٥ ملليمتر. وخلايا الحليب النباتية هي أطول خلايا النبات، قد يصل طولها الى عدة أمتار مكونة جهازا متفرعا في النبات. ومثل هذه الخلايا تكون عديدة الأنوية وتستمر في النمو طوال حياة النبات.

تركيب الخلية النباتية

تتنوع خلايا جسم النبات الزهري في الشكل والحجم والوظيفة، كما تتنوع أيضا في تركيبها وعلاقاتها ببعضها البعض. من الناحية العامة، توجد في النبات الزهري أنواع من الخلايا تظل محتفظة بمكوناتها الأساسية طول حياة النبات وتقوم بالأنشطة الحيوية في جسمه، وأنواع تتلاشى محتوياتها الداخلية عندما يتم نضجها ولا يبقى منها الا الجدار فقط. هذه الخلايا الأخيرة تختلف أيضا في وظائفها، مثل الألياف للتدعيم، والفلين للوقاية، وعناصر الخشب الوعائية لنقل الماء والذائبات خلال جسم النبات.

ان المعرفة عن تركيب الخلية في تزايد مستمر، ولقد أوضح المجهر الإلكتروني الكثير مما كان خافيا بداخلها، ولم يعد تركيب الخلية النباتية حاليا على نفس الصورة التي عرفت بها بواسطة المجهر الضوئي. ولا مكان معرفة تركيب الخلية النباتية، فانه من الأفضل أن تدرس صفات خلية بارنكيميكية، فهي خلية نشطة حيويا وتحتوى على جميع العضيات Or-ganelles الهامة حيويا ويتألف منها حوالي ٨٠٪ من جسم النبات الزهري. تتألف الخلية البارنكيميكية من جزئين رئيسيين هما:

أ - البروتوبلاست ب - الجدار الخلوى

Protoplast

أ - البروتوبلاست

البروتوبلاست، اصطلاح أطلقت عالم النبات الألماني هانستين Hanstein عام ١٨٨٠ ليعبربه عن جميع مكونات الخلية، هادفا أن يكون بديلا لمصطلح (خلية) ومع هذا، فقدبقى مصطلح (خلية) للدلالة على محتويات الخلية والجدار، لأنها يمثلان وحدة حيائية. ويطلق مصطلح (خلية) أيضا على الوحدات التي تتركب من الجدار الخلوى فقط حيث فقد بروتوبلاستها عند نضجها مثل الألياف والامكريدات.

والبروتوبلاست، هو الوحدة الحية المنسقة داخل خلية مفردة والتي تقوم بعمليات التحول الغذائى في الخلية. ويمكن وصفه أيضا كوحدة بروتوبلازمية منسقة تحتوى على

مكونات بروتوبلازمية متخصصة وأخرى غير بروتوبلازمية. والبروتوبلازم Protoplasm مصطلح شامل لجميع المحتويات الحية في الخلية وهو أساس الحياة فيها. وأكتشفه فون موهل عام ١٨٤٦. وتتصل أجزاء الكتلة البروتوبلازمية للنبات بعضها ببعض وتعمل في ترابط تام.

١ - السيتوبلازم Cytoplasm

هو جزء البروتوبلاست الذي يحيط بالنواة، ويشمل الحشوة السيتوبلازمية Cytoplasmic matrix وما تحتويه من أغشية وعضيات ومكونات غير بروتوبلازمية.

السيتوبلازم والنواة مرتبطان ببعضهما، فكل منهما يحتاج الى الآخر لكي يبقى حيا. وتحدث في السيتوبلازم جميع عمليات التحول الغذائي في الخلية. ويشغل السيتوبلازم عادة جميع حيز الخلية المرستيمية، وإذا وجدت به فجوات عصارية فلإنها تكون دقيقة جدا. في الخلية البالغة، السيتوبلازم يكون في صورة طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية وتوسطها عادة فجوة عصارية كبيرة، وقد يمتد خلال الفجوة العصارية في صورة أشربة أو صفائح تقسم الفجوة العصارية الى فجوتين أو أكثر وبذلك تصبح الخلية ذات فجوتين أو أكثر.

والسيتوبلازم نظام غروي معقد التركيب أكثر لزوجة من الماء، يظهر في الخلية كإداة شفافة نصف سائلة يمثل الماء حوالي ٨٥٪ من وزنه الحى أو أكثر، وتنخفض هذه النسبة بدرجة كبيرة الى حوالي ١٠٪ أو أقل في البذور. يتميز السيتوبلازم بصفى المطاطية والسيولة وتغير لزوجته من وقت الى آخر في الخلية النشطة. يتأثر السيتوبلازم بدرجات الحرارة العالية والمنخفضة، والمواد الكيميائية، والتأثيرات الكهربائية. عادة يكون السيتوبلازم في حركة انسيابية حول جدار الخلية البالغة من الداخل، وقد تكون حركته في اتجاه واحد بمحاذاة جدارها أو في اتجاهات متعكسة، وقد تتحرك بعض أجزائه منزلة فوق بعضها البعض. يمكن أن يستدل على هذه الحركة بملاحظة سير التراكيب المحمولة في تياره مثل البلاستيدات والميتوكوندريا وحبيبات النشا. ولقد وجد أن البلاستيدات الخضراء في سيتوبلازم خلايا نبات الألويا Elodea تتحرك بسرعة تتراوح بين ٥ - ١٠ ميكرون في الثانية عند درجة ٢٩ مئوية وتكمل دورة كاملة حول جدار الخلية في حوالي ٣٠ ثانية. وتسهل حركة السيتوبلازم عملية انتقال المواد داخل الخلية وبين الخلايا المتجاورة. وتعتبر حركة السيتوبلازم دليلا على سيولته. وتعتمد هذه الحركة الانسيابية في غياب الاكسجين أو المواد السامة والمخدرة.

ويرتبط السيتوبلازم أساسا من بروتينات مع اشتراك الدهون والكاربوهيدرات والأملاح المعدنية بنسب متفاوتة. ويحتوى السيتوبلازم على مواد عضوية مثل البروتينات

والزيتون والكربوهيدرات، وأخرى غير عضوية مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. ولقد وجد أن السيتوبلازم يتغير تركيبه من وقت إلى آخر في نفس الخلية، كما يختلف تركيبه من خلية إلى أخرى في نفس النبات. وتتنوع كثافة السيتوبلازم تحت ظروف معينة فيما بين حالة قريية من الماء إلى حالة غروية وهو أكثر لزوجة من الماء.

ولقد أوضحت الدراسة بالمجهر الإلكتروني أن السيتوبلازم يكون مغلفًا بغشاء سيتوبلازمي معقد التركيب يسمى الغشاء البلازمي Ectoplast or plasmalemma. هذا الغشاء مرن ورقيق، يتراوح سمكه بين ٧٥-١٠٠ أنجستروم وهو وحدة غشائية Unit membrane يتربك من طبقتين من البروتين يحصران بينهما طبقة من الدهون. يبلغ سمك كل من طبقتين من البروتين حوالي ٢٥ أنجستروم بينما الدهون حوالي ٣٠ أنجستروم. والغشاء البلازمي حي، يستطيع أن يزداد في الرقعة السطحية مع زيادة الخلية في الحجم، كما يستطيع أن يلتئم إذا حدثت فيه جروح بسيطة. ويعمل الغشاء البلازمي كحاجز انتقائي أو اختياري النفاذية، فهو يمنع مثلاً خروج المواد العضوية الذائبة في الخلية بينما يسمح بدخول الماء والأملاح الذائبة، وقد يمرر مواد معينة في فترة ما ويمنع مرورها في أخرى. بدون هذا الغشاء لامتسخت الخلية أن تبقى حية. والغشاء البلازمي في خلية ما يكون متصلًا بمثيله في الخلايا الحية المجاورة عبر خيوط البلازموديزماتا.

والسطح الخارجي لهذا الغشاء تكسوه حبيبات كروية دقيقة جدًا تكون مطمورة جزئياً فيه، يعتقد أنها عبارة عن تجمعات للانزيمات المسؤولة عن بناء لويقات السليلوز في جدار الخلية. ويتشرب على السطح أيضاً حويصلات دقيقة جداً مشتقة من الديكتيوزومومات يعتقد أنها تحتوي على سكريات عديدة مخصصة أيضاً لبناء جدار الخلية. وتلتحم هذه الحويصلات بالغشاء البلازمي ثم ترسب محتوياتها على جدار الخلية. وهذا الغشاء ليس ممتداً بانتظام على سطح الخلية وإنما تتميز به بروزات أو انخفاضات على امتداد سطحه.

ويتميز بالسيتوبلازم فجوة Vacuole أو أكثر عبارة عن تجويف يحتوي على العصير الخلوي. تحاط كل فجوة بغشاء يسمى الغشاء الفجوي -Tonoplast or vacuolar membrane وترتكب هذا الغشاء وسمكه يماثل تركيب وسمك الغشاء البلازمي، وهو اختياري النفاذية أيضاً، ويقوم بتنظيم مرور المواد من السيتوبلازم إلى الفجوات ويمنع امتزاج محتوياتها به. كما أن له القدرة على النمو والالتصام مثل الغشاء البلازمي، وهو أما منتظم أو متعرج.

ولقد أوضح المجهر الإلكتروني أن حشوة السيتوبلازم يوجد بها جهاز يدعى الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum وهي تركيب غشائي دقيق شبكي معقد.

وتتكون الشبكة الاندوبلازمية من تجاويف في شكل قنوات ضيقة منفصة ومتقاطعة محاطة بغشاء رقيق قد تتسع هذه التجاويف وتصبح في صورة حويصلات مستديرة أو بيضاوية الشكل. تظهر هذه التجاويف في القطاعات مزدوجة الخطوط، كل خط يمثل غشاءً واحداً. يوجد بين الغشائين تجويف به مادة غير معروفة التركيب، هذا التجويف يكون متصلاً بمثيله في الخلايا المجاورة، عبر الروابط البلازمية. وتتصل أغشية هذه الشبكة بغلاف النواة غير أنها لا تتصل بالغشاء البلازمي أو الغشاء الفجوى. وغشاء الشبكة الاندوبلازمية في خلية ما يكون متصلاً بمثيله في الخلايا الملاصقة عبر خيوط البلازموذيماتا.

ويتنوع شكل الشبكة الاندوبلازمية من خلية إلى أخرى. ورغم أن كل نوع من الخلايا الحية تكون الشبكة فيه ذات شكل متميز فإنه يمكن اعتبارها جهازاً سيتوبلازمياً غير ثابتاً، ربما يكون قادراً على تغيير طبيعته بسرعة. وهذه الشبكة قادرة على النمو، وتتجزأ جزئياً خلال انقسام النواة ثم يعاد تشكيلها ثانية. وتتجمع على السطوح الخارجية لأجزاء الشبكة الاندوبلازمية التي توجد في الجزء الأوسط من الخلية، تراكيب دقيقة الحجم عديدة تسمى الريبوزومات Ribosomes ولهذا يكون ملمسها خشناً Rough بينما الأجزاء التي توجد عند محيط الخلية تكون ناعمة Smooth لخلوها منها.

وتعتبر الشبكة الاندوبلازمية جهازاً خلوياً يمد الخلية بسطوح مناسبة للتفاعلات الكيميائية حيث تتوزع عليها كثير من انزيمات الخلية، وكذلك الريبوزومات المتخصصة في بناء البروتينات في الخلية. والشبكة الاندوبلازمية تمثل طريقاً لنقل مواد معينة خلال تجويفها إلى مثيلتها. ويرجح حدوث عمليات حيوية بداخلها بعيداً عن تلك التي تحدث في السيتوبلازم.

٢ - النواة

Nucleus

النواة أكبر الأعضاء الصغيرة أو العضيات Organelles التي توجد في الخلية. يتراوح قطر النواة بين ١٠-٢٥ ميكرون وقد يزيد عن ذلك. كثيراً ما يختلف حجم النواة تبعاً لاختلاف النسيج في نفس النبات. وتحتوى الخلية غالباً على نواة واحدة، غير أنه في حالات قليلة تحتوى على أكثر من نواة كما في قنوات الحليب النباتى Laticifers. وتفقد عناصر الأنايب الغربالية في نسيج اللحاء أنويتها عندما يتم نضجها، ومع هذا فهي حية. وتوجد النواة في وسط الخلية المرستيمية ويميل شكلها إلى الاستدارة ذات قطر يتراوح بين ١٠-٢٥ ميكرون وقد تقل أو تزيد عن ذلك، وتشغل النواة الجزء الأكبر من الخلية يتراوح أحياناً بين ٢/٣ - ٤/٣ حجمها.

أما في الخلية البالغة فتعمل إلى الشكل العدسى وتشغل حيزاً صغيراً من حجمها

وتوجد في طبقة السيتوبلازم المبطن لجدار الخلية دون أن تلامس الفجوة العصارية. وإذا احتوت الخلية على أكثر من فجوة عصارية فإن النواة توجد عادة قريبا من وسط الخلية يحيط بها السيتوبلازم الذي يتصل ببقية سيتوبلازم الخلية المبطن لجدارها بواسطة خيوط سيتوبلازمية تمتد عبر الفجوة العصارية. وتتركب النواة من غلاف النواة، والنوية، والشبكة الكروماتينية والعصير النووي:

١ - غلاف النواة Nuclear Membrane

غلاف رقيق يحيط بمحتويات النواة، ولقد أوضح المجهر الإلكتروني أنه يتميز بما يأتي:

١ - يتركب من غشائين متماثلين في التركيب والسّمك، كل منهما عبارة عن وحدة غشائية سمك الواحد منها حوالي ٧٥ - ٨٠ أنجستروم وبينهما حيز يبلغ اتساعه حوالي ١٥٠ أنجستروم.

٢ - يحتوي على ثقب مستديرة عديدة يلتحم عند حوافها غشائي الغلاف، ويتراوح قطر الثقب بين ٣٠٠ - ١٠٠٠ أنجستروم. وتوزع هذه الثقوب على مسافات منتظمة من بعضها وتشغل حوالي ٨٪ من سطح غلاف النواة، ويبلغ عددها حوالي ٣٠٠٠ في نواة النباتات مغطاة البلور، هذه الثقوب تمثل طريقا لانتقال المواد بين حشوة السيتوبلازم والنواة. وجزيئات حامض الريبوز النووي وأصول الريبوسومات تنتقل من النواة إلى حشوة السيتوبلازم، أما مكونات حامض الريبوز النووي وحامض ديوكسي ريبوز النووي وبروتين الريبوزومات فإنها تنتقل من السيتوبلازم إلى النواة.

٣ - توجد امتدادات من الغشاء الخارجي لغلاف النواة تتصل بأجزاء من الشبكة الأندوبلازمية والتي تكون أيضا متصلة بمثيلتها في الخلية المجاورة عن طريق الروابط البلازمية. وهذا يعني أن النوى والشبكة الأندوبلازمية في الخلايا المتجاورة مترابطة معا. ولهذا فإن الحيز بين غشائي النواة يكون مرتبطا بتجاوب حويصلات وأنايب الشبكة الأندوبلازمية.

٤ - عند نهاية الطور التمهيدي Prophase لانقسام النواة يتجزأ غلاف النواة، وفي الطور النهائي Telophase يعاد بنائه غلافا نوويا جديدا يحيط بكل من مجموعتي الكروموسومات الشقيقتين. والنواة تمثل مركز التحكم في نشاط الخلية، وبدونها لا تستطيع الخلية أن تعيش طويلا وتهمين النواة أيضا على شكل الخلية، ونموها، ومستقبلها في النبات، فضلا عن أنها المركز الأساسي للمادة الوراثية في الخلية.

وتعمل النواة متعاونة مع غيرها من المكونات البروتوبلازمية

ب - النوية Nucleolus

هي التركيب الوحيد الذي يمكن تمييزه في النواة غير المنقسمة. عادة تحتوى النواة على نوية واحدة أو اثنين، وقد تحتوى أحيانا على ثلاث نويات أو أكثر.

وقد يختلف حجم النواة من نسيج الى آخر في نفس النبات، حتى من خلية الى أخرى في نفس النسيج. وفي الحالة الأخيرة، اذا وجدت نوية واحدة في نواة خلية بينما أكثر من نوية في نواة خلية أخرى فان حجم النوية الوحيدة يكون مساويا تقريبا لحجم النويات الموجودة في نواة الخلية الاخرى. والنوية كروية الشكل تقريبا. ويزداد حجمها تبعا لازدياد عمليات التحول الغذائي في الخلية.

ولقد اوضحت الدراسة بالمجهر الألكترونى أن النوية لانهاء باى غلاف، وتحتوى على فجوات نووية وأجسام بروتينية شبة بللورية. وتشمل النوية منطقتين؛ وسطى ليفية كثيفة غير منتظمة، تحيط بها منطقة محبة من حبيبات متماثلة في حجم الريبوسومات Ribosomes ويعتقد أنها تجمع ريبوزومات تبني في النواة.

وتركب النوية أساسا من البروتين وحامض الريبوز النووى، تبلغ نسبته حوالى ٣٠٪ من وزنها. وتتركز الوظيفة الأساسية للنوية في تكوين أصول الريبوزومات Ribosome precursors والتي تنتقل منها الى سيتوبلازم الخلية. خلال الدور الأول من انقسام النواة، يتناقص حجم النوية تدريجيا وتتوزع مادتها في سيتوبلازم الخلية.

وفي الطور النهائي لانقسام النواة، تتجمع مادة النوية ثانية عند منطقة معينة من كروموسوم خاص بها ضمن مجموعتي الكروموسومات التي تشكل النواتين الشقيقتين الجديدتين.

ج - الشبكة النووية Nuclear Reticulum

وهي أهم مكونات النواة، تتركب من خيوط متشابكة. وفي النواة غير المنقسمة يتغزر تمييز هذه الخيوط. أما خلال انقسام النواة تتميز هذه الشبكة الى أجسام رفيعة مبعثرة داخل النواة تسمى الكروموسومات Chromosomes. تتركب الكروموسومات من مادة الكروماتين Chromatin يتميز فيها نوعان من الأحماض النووية هما حامض ديوكس-ريبوز النووى (DNA) وحامض الريبوز النووى (RNA) علاوة على بروتينات نووية. وتحتوى الكروموسومات على منظم المعلومات اللازمة لنشاط الخلية. وعدد الكروموسومات يكون ثابتا في خلايا نفس النوع ويختلف من نوع الى آخر.

د - العصير النووي Karyolymph

وهو سائل لزج أكثر كثافة من السيتوبلازم، عديم اللون شفاف، يكون غنيا بالبروتينات وحامض الريبوز النووي. يحتوي العصير النووي على أصول الريبوزومات وانزيمات. ونظرا لوجود ثقبوب التواء فإن العصير النووي يكون متصلا بالحشوة السيتوبلازمية. ولا توجد فجوات في العصير النووي.

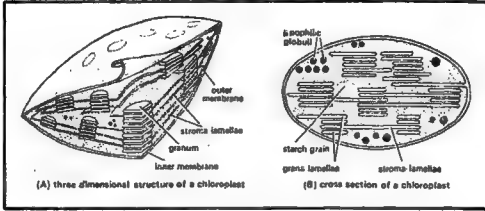
٣ - البلاستيدات Plastids

وهي عائلة من أعضاء صغيرة أو عضيات Organelles ذات طبيعة غشائية مميزة، يوجد نوع منها عادة في سيتوبلازم خلايا النباتات مغطاه البذور. تختلف البلاستيدات في الشكل واللون والوظيفة وتتنوع تبعاً للونها إلى بلاستيدات خضراء، وبلاستيدات ملونة، وبلاستيدات عديمة اللون، كما توجد أيضاً بلاستيدات الظلام وبلاستيدات أولية Proplastids. وجميع البلاستيدات تكون محاطة بغشاء مزدوج وتحتوي بداخلها على جهاز غشائي متميز وكذلك ريبوزومات وحامض ديوكس ريبوز النووي.

(أ) البلاستيدات الخضراء Chloroplasts

لقد عرف وجود البلاستيدات الخضراء منذ عام ١٧٠٠ ميلادية، وأنها مركز عمليات البناء الضوئي في عام ١٨٦٤. البلاستيدات الخضراء ذات أهمية بالغة في حياة النباتات الزهرية حيث تجري فيها عملية البناء الضوئي من بدايتها حتى نهايتها فهي بذلك مرتبطة بالطاقة في الخلية. والشمس هي مصدر الطاقة اللازمة لاستمرار الحياة وبقيائها. هذه الطاقة تصل إلى سطح الأرض في صورة حرارة وضوء. والخلية الحية المحتوية على البلاستيدات الخضراء هي التي تستفيد من جزء من الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية مخزنة في مواد عضوية متكونة من ثاني أكسيد الكربون والماء في وجود مادة الكلوروفيل التي تقوم بامتصاص هذه الطاقة الضوئية.

وتوجد البلاستيدات الخضراء بصفة رئيسية في خلايا النسيج المتوسط للأوراق كما توجد في الخلايا الحارسة للثغور وتكثر في خلايا بشرة الورقة في نباتات الظل وخلايا أنسجة الأجزاء الخضراء من جسم النبات الزهري. وقد توجد في أجنة البذور كما في الموالح. ولا توجد هذه البلاستيدات في خلايا المرستيمات القمية للسيقان أو الجذور. والبلاستيدات الخضراء في النباتات الزهرية تكون عادة قرصية الشكل مستديرة أو بيضاوية (شكل ٤٣)، محدبة الوجهين وقد تنقوس في بعض الأحيان على هيئة طبق. يتراوح قطرها بين ٤-٦ ميكرون، وسمكها ١-٢ ميكرون. توجد هذه البلاستيدات في حشوة السيتوبلازم قريبا من الغشاء البلازمي، بحيث يكون سطحها المعرض



(شكل ٤٣): مجسم لبلاستيدة خضراء يوضح تركيبها العام التفصيلي

مواجهها لجدار الخلية لتعرض أكبر سطح فيها للضوء. ويوجد بالخلية أقل من ٥٠ الى حوالي ٤٠٠ بلاستيدة خضراء. فقد وجد أن خلية النسيج المتوسط لورقة النجيليات تحتوي على ٣٠-٥٠ بلاستيدة خضراء، والخلية في النسيج العماى لورقة السبانخ يوجد بها حوالي ٣٠٠-٤٠٠. بلاستيدة وتبعاً لاحدى التقديرات، وجد حوالى ٤٠٠ ألف بلاستيدة خضراء في الملليمتر المربع من ورقة نبات الخروع.

وتشاهد البلاستيدات الخضراء كأجسام حبيبية أو متجانسة عند فحصها بالمجهر الضوئى، ذات لون أخضر. ويرجع اللون الأخضر الى وجود مادة الكلوروفيل Chlorophyll وهي من نوعين هما كلوروفيل A لونه أخضر مزرق وكلوروفيل B لونه أخضر مصفر. ونسبة كلوروفيل A الى كلوروفيل B تبلغ ٣:١. وتحتوى البلاستيدة أيضا على صبغة الكاروتين Carotene ولونها برتقالى، وصبغة الزانثوفيل ولونها أصفر. وتبلغ نسبة الكلوروفيل حوالى ٦٥٪ من صبغة البلاستيدة الخضراء، ولهذا تظهر البلاستيدة ذات لون أخضر. وتتركب البلاستيدة الخضراء من الناحية الكيميائية، من حوالى ٥٠٪ بروتين، ٣٠٪ ليبيدات، ٥-١٠٪ صبغات، وتحتوى على مقادير DNA, RNA. ومعظم بروتين البلاستيدات الخضراء يكون في صورة جزيئات من الانزيمات. ولقد وجد أن معظم انزيم الكتاليز Catalase وجميع الأميليز Amylase والكلوروفيليز Chlorophyllase التي في الورقة تكون في البلاستيدة الخضراء. وأظهرت الدراسات بالمجهر الالكترونى أن جسم البلاستيدة الخضراء بلغ درجة عالية من تعقد التركيب. ولقد وضح أن جسم البلاستيدة يكون محاطا بغشاء مزدوج يسمى غشاء البلاستيدة Chloroplast membrane يكون أملسا خال من الثقوب، ويتميز كل من الغشائين بنفاذية اختيارية. وتوجد بداخل الجسم حشوة Stroma عديمة اللون شفافة، بروتينية التركيب، مطمورا فيها

حييات غشائية أسطوانية الشكل تسمى بذيرات Grana يبلغ ارتفاع الواحدة منها حوالى سبعة آلاف انجستروم وقطرها حوالى خمسة آلاف انجستروم. والبلاستيدة الخضراء تحتوى على ٣٠-٦٠ بذيرة. وتركب البذيرة Grana من عدد من صفائح غشائية قرصية الشكل رقيقة يتراوح عددها بين ١٠-٢٠ كل منها عبارة عن غشاء مزدوج Double mem-brane يتركب من غشائين كل منها عبارة عن وحدة غشائية Unit membrane يلتحمان عند محيطها ليشكلن تركيب مزدوج الأغشية.

وترتكب هذه الصفائح في البذيرة كأعمدة العملة. وترتبط البذيرات معا بواسطة صفائح غشائية تسمى الصفائح بين البذيرات Intergrana lamellae لها نفس تركيب صفائح البذيرات وتتميز بأنها ذات ثغوب دقيقة جدا متفرعة في هيئة أنابيب ضيقة جدا تسمى Frets ترتبط بصفائح البذيرات. وتوجد الكاروتينات بالإضافة الى الكلوروفيل على صفائح البذرات. وتحتوي البذيرة على عدة ملايين من جزيئات الكلوروفيل.

والحشوة Stroma في البلاستيدات الخضراء تحتوى على بضع حييات نشا دقيقة الحجم تختفى في الظلام خلال ١٢-٢٤ ساعة وتعود ثانية في الضوء خلال بضع ساعات. والبلاستيدة الخضراء في خلايا النسيج المتوسط للورقة تحتوى على ١-٥ حييات نشا. وحشوة البلاستيدة الخضراء تحتوى أيضا على ريبوزومات أدق حجما من ريبوزومات سيتوبلازم الخلية وتراكيب أخرى في صورة قطرات من الليبيدات. ويوجد بالبلاستيدة الخضراء في النباتات الراقية حوالى ٢٠-٥٠ عضي تركيبى متماثل تسمى Nucleoids بكل منها جزء DNA حلقي الشكل ذات تركيب خاص. توجد هذه التراكيب في مناطق معينة من الحشوة ويزداد عددها وحجمها تبعا لحجم البلاستيدة.

نشأة البلاستيدات الخضراء :

تنشأ البلاستيدات الخضراء من بلاستيدات أولية Proplastids مع نمو النسيج وتعرضه للضوء باندغام الغشاء الداخلى لغلاف البلاستيدة الأولية في داخل حشوة الجسم وذلك في مناطق متفرقة منه. هذه الأنشاءات تصبح في صورة حويصلات زوجية الأغشية وتنفصل عن الغشاء ثم تتجمع في صفوف في بعض المناطق تتكون منها البذيرات. وفي آخر مراحل نضج البلاستيدة الخضراء تصبح البذيرات خضراء اللون. وقد تنقسم البلاستيدة الأولية ثلاث أو أربع مرات انقساما مباشرا قبل أن تتحول الى خضراء. ولا توجد أى علاقة بين انقسام الخلية وانقسام البلاستيدة الأولية.

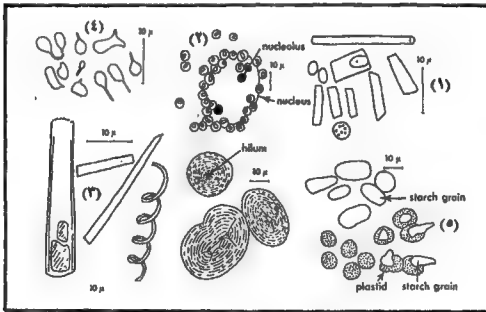
ويرجح أن كلا من البلاستيدة الملونة وعديمة اللون تنشأ من البلاستيدة الأولية عند مرحلة من مراحل تكشفها الى خضراء. وتهتمين نواه الخلية والعوامل الوراثية الموجودة في البلاستيدة الأولية على عملية تكوين البلاستيدة الخضراء. وأحيانا تنشأ البلاستيدات

الخضراء من بلاستيدات الظلام.

(ب) البلاستيدات الملونة Chromoplasts

وهي بلاستيدات تحتوى على صبغات كاروتينية Carotenoids تكسب كثير من الثمار وبتلات الأزهار وبعض الجذور لوناً أصفر أو برتقالى أحمر. وتنشأ هذه البلاستيدات غالباً من بلاستيدات خضراء كما في ثمار البرتقال والطماطم والمango ولهذا فإن حجمها وشكلها مماثل تقريباً حجم وشكل البلاستيدات الخضراء. هذه البلاستيدات توجد إما فرداً أو في مجموعات وهي خالية من الجهاز الغشائى المختص بعملية البناء الضوئى وبها تراكيب غنية بالكاروتينويدات (شكل ٤٤).

وعرفت خمسة طرز من البلاستيدات الملونة على أساس من تركيبها الداخلى. أبسط هذه الطرز هو الكروى ويحتوى فقط على تراكيب بلاستيدية كروية الشكل يرجع أنها تحمل الكاروتينويدات، ويوجد في معظم بتلات بعض الأزهار، والثاني هو الطراز



(شكل ٤٤): يوضح أشكال البلاستيدات الملونة.

- (١) بلاستيدات ملونة من ثمرة الطماطم.
- (٢) نواة يحيط بها بلاستيدات ملونة من ثمرة الفلفل الأحمر.
- (٣) بلاستيدات ملونة من جذر الجزر.
- (٤) بلاستيدات ملونة من الزهرة القرصية لنبات عنبر كاشميرى.
- (٥) بلاستيدة نشوية.

الغشائي الذي يحتوي على ٢٥ مجموعة من أغشية حلقة مركزية، ويوجد في بتلات بعض الأزهار مثل الدافوديل Daffodil. والطرز الأنبوبي، مثل الذي يوجد في ثمار الفلفل الأحمر (الشطة) ويحتوي على تراكيب ليفية يرجح أنها حاملة للمصبغة الملونة. والطرز الرابع هو الشبكي الأنبوبي ويحتوي على تركيب شبكي من أنبيبات متفرعة غير متوازية. أما الطراز الخامس فيعرف بالبللوري، حيث توجد الكاروتينويدات به في صورته بللورات كما في ثمار الطماطم. والكاروتينويدات في ثمار الطماطم معظمها ليكون Lycopene توجد في صورة بللورات أنبوبية. ولا تعرف حتى اليوم وظيفة فسيولوجية للبللاستيدات الملونة ويرجح أن اللون اللامع لها في الأزهار والثمار قد يجذب الحشرات للتلقيح والطيور لانتثار الثمار.

البللاستيدات الأولية Proplastids

وهي تراكيب بروتوبلازمية عديمة اللون توجد في الخلايا المرستيمية للساق والجذر. والبللاستيدات الأولية بيضاوية أو كروية الشكل يتراوح قطرها بين ١-١.٥ ميكرون. وجسم البللاستيدة الأولية بسيط التركيب يحاط بغلاف مزدوج الأغشية، ويحتوي على بذيرة بسيطة التركيب أو اثنين. قد تحتوى البللاستيدة الأولية في المرستيم القمي للجذر على بضع حبيبات نشا دقيقة الحجم. وتحتوي الخلية في المرستيم القمي للساق على حوالي ٧-٢٠ بلاستيدة أولية، وحوالي ٢٠-٤٠ في المرستيم القمي للجذر.

بلاستيدات الظلام Etioplasts

وهي بلاستيدات توجد في أوراق النبات الذي ينمو في الظلام، وتتكون في الأوراق الفلقية للبادرات قبل أن تظهر خارج التربة. وكذلك في الخلايا المرستيمية الأخنة في التميز والتي توجد في قواعد أوراق نباتات العائلة النجيلية والتي تحجبها غمد الريشة أو الأوراق المسنة.

ويمكن اعتبار بلاستيدات الظلام كمرحلة في تكوين البلاستيدات الخضراء. وتحتوي هذه البلاستيدات على كثير من بروتين البلاستيدات الخضراء وكميات ضئيلة جدا من الكاروتينويدات والبروتوكولورفيل وبها ريبوزومات و DNA.

وهذه البلاستيدات بيضاوية الشكل تقريبا طولها حوالي ٣ ميكرون وتحاط بغشاء مزدوج. وحينما تتعرض الأوراق التي في الظلام للضوء فان بلاستيدات الظلام تتحول إلى أخرى خضراء.

البلاستيدات النشوية Amyloplastids

وهي بلاستيدات ناضجة، خالية من الصبغات تكون ممتلئة بحبيبات النشا (شكل ٤٤). وتوجد هذه البلاستيدات في أعضاء التخزين مثل الدرنتات والكورمات والجذور الدرنية، وفي أندوسبرم البذور وفلقات الأجنة، كما توجد أيضا في خلايا الأنسجة الحية البعيدة عن الضوء وفي قنسوة الجذر. والبلاستيدة النشوية تكون محاطة بغلاف مزدوج الغشاء وتخلو من الجهاز الغشائي المختص بعملية البناء الضوئي. وحبيبات النشا تمثل الجزء الرئيسي من جسم البلاستيدة النشوية، فقد تحتوى على حبيبة نشا واحدة كبيرة كما في درنات البطاطس، أو يصل عدد الحبيبات الى حوالى ثمانية كما في خلايا قنسوة الجذر. وحبيبات النشا تكون مطبورة في حشوة البلاستيدة النشوية والتي تحتوى أيضا على DNA في أماكن معينة وبعض الريبوزومات.

وتقوم البلاستيدات النشوية بتحويل السكر المذلول اليها من أنسجة البناء الضوئي الى نشا ليستفيد النبات من الكربوهيدرات عند الحاجة كما في حالة الأنبات. والبلاستيدات النشوية في قنسوة الجذر تلعب دورا هاما في تأثر الجذر بالجاذبية الأرضية. ويمكن أن تتحول هذه البلاستيدات الى خضراء عندما تتعرض الأنسجة الحاوية لها للضوء. ولقد وجد حديثا أن هذه البلاستيدات مسئولة عن تكوين السليولوز في جدر الخلايا خلال عملية انقسام الخلية.

التحول في البلاستيدات

البلاستيدات الخضراء، والبلاستيدات الملونة، والبلاستيدات النشوية وبلاستيدات الظلام يمكن أن تنشأ جميعها من البلاستيدات الأولية مباشرة. والتغير العكسي، أى البساطة في تركيب البلاستيدة من النوع المتخصص الى البلاستيدة الأولية، يكون مرتبطا بانقسام الخلية ويمكن ملاحظته حينما ينشأ نسيج مرستيمي في نسيج متميز. وبلاستيدات الظلام تتحول الى خضراء في الضوء. والبلاستيدات النشوية تتكون عادة كمرحلة وسيطة بين بلاستيدات الظلام والبلاستيدات الخضراء، وحتى الناضجة منها قد يتكون فيها جهاز البناء الضوئي اذا عرضت للضوء كما في درنة البطاطس. والبلاستيدات الملونة يمكن أن تنشأ عن الخضراء، ومثل هذا التغير العكسي يلاحظ في الجزر والبرتقال.

الانقسام في البلاستيدات

في المرستيمات، يتوافق انقسام البلاستيدات مع انقسام الخلية، بينما في الأنسجة الأخرى فان هذه العلاقة ليست وثيقة. فمثلا يستمر انقسام البلاستيدات في الأوراق

اليافعة بعد أن يتوقف انقسام الخلية. ومع هذا، فإن كل نوع من خلايا جسم نبات زهري معين يبدو أنها تحتوي على عدد معين نهائي تتميز به من البلاستيدات، ويتحكم في هذا العدد عوامل داخلية مثل مقدار DNA في النواة وأخرى خارجية مثل شدة الإضاءة.

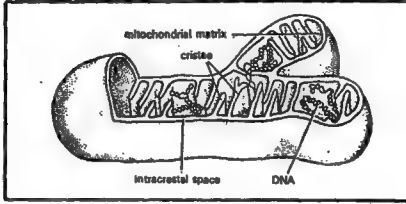
ولقد عرف الانقسام في البلاستيدات الخضراء والبلاستيدات الأولية، بينما لم يعرف بدقة في غيرها من البلاستيدات. وتوجد طريقتان لانقسام البلاستيدة الخضراء في النباتات الراقية، في الأولى يحدث تخلص في المنطقة الوسطى من جسم البلاستيدة يزداد تدريجياً حتى يقسمها إلى بلاستيدتين شقيقتين. والطريقة الثانية تتضمن اندغام الغشاء الداخل للبلاستيدة الخضراء في المنطقة الوسطى لها فتقسم إلى بلاستيدتين، وكيفية توزيع DNA البلاستيدة في البلاستيدتين الشقيقتين غير معروفة.

Mitochondria

٤ - الميتوكوندريا

وهي أعضاء صغيرة شاهدها الألماني Almon حوالي عام ١٩٠٠ ميلادية غير أنه لم يعرف تركيب جسمها إلا عام ١٩٥٠. تشاهد الميتوكوندريا، بالمجهر الضوئي، في صورة أجسام كروية أو خيطية أو عصوية أو متفرعة وأكثر أشكالها شيوعاً في النباتات الزهرية هي الشكل العصوي. يتراوح طولها ١-٥ ميكرون وقطرها ١/٢-١ ميكرون. وتوجد الميتوكوندريا (شكل ٤٥) في جميع خلايا النبات الحية، ويتراوح عددها بين ٥٠٠ - ٣٠٠٠ تبعا لحجم الخلية ونشاطها. وكثيرا تشاهد الميتوكوندريا متجمعة حول نواة الخلية في الخلايا النشطة مثل الخلية المرافقة للأنابيب الغربالية في نسيج اللحاء. وتشغل الميتوكوندريا حوالي ١/٥ حجم سيتوبلازم الخلية وتتحرك مع تيار السيتوبلازم في الخلية. قد تتحد الميتوكوندريا في أزواج أو مجموعات، يتغير شكلها الخارجى بدرجة كبيرة خلال حركتها في الخلية. ولقد أظهر المجهر الإلكتروني أن جسم الميتوكوندريا يتكون من غلاف مزدوج الأغشية يئثل كل غشاء في تركيبه الغشاء البلازمي. يتميز الغشاء الخارجى بأنه أملس ومرن، يحيط تماما بجسم الميتوكوندريا، أما الداخلى فإنه يمتد داخل تجويف الجسم في صورة طيات Cristae أنبوبية الشكل تزيد من مساحة السطح الداخلى، وتحوى العديد من جزيئات الانزيمات. ويوجد فراغ بين غشائى الغلاف يمثلء بسائل به عديد من الانزيمات. ويتميز الغشاء ان باختلافهما في درجة النفاذية، كما أن الخارجى يحتوى على مقدار أكبر من الليبيدات بالنسبة للداخلى.

وشاهد على السطح الخارجى للطيات الأنبوبية، حبيبات أو عقد كل منها ذات رأس كروية الشكل وعنق قصير، حجمها حوالى ٨٠ أنجستروم. يعتقد أن هذه الحبيبات هي المختصة بالنشاط الكيماوى للميتوكوندريات.



(شكل ٤٥): يوضح تركيب الميتوكوندريون.

ويحتوى تجويف الجسم على ريبوزومات وجزيئات من DNA وانزيمات خاصة بعملية التنفس.

والميتوكوندريا هي مراكز لدورة كربس Krep cycle في عملية التنفس الهوائى في الخلية، وتعتبر مصانع انتاج الطاقة منها في صورة ATP وتكوين الأحماض الأمينية. ويحتوى الميتوكوندريات بداخلها على حوالى سبعين نوعا من الانزيمات التي تشترك في عملية التنفس.

كما تتميز الميتوكوندريا بقدرتها على التكاثر بالانقسام المباشر. حيث يحدث هذا الانقسام بانثناء جزء من الغشاء الداخلى الى داخل الجسم حتى يقسم الحشوة الى حجرتين محاطتان بالغشاء الخارجى. ثم يتكون تخصر بين الحجرتين ويفصلان الى ميتوكوندريا شقيقتين. وهناك رأى آخر يوضح نشأة الميتوكوندريات الجديدة من السيتوبلازم.

Ribosomes

• - الريبوزومات

وهي عضيات صغيرة جدا، كروية الشكل تقريبا، يتراوح قطرها بين ١٠٠-١٥٠ انجستروم. يتربك الريبوزوم بصفة أساسية من حامض الريبوز النووى (RNA) والبروتينات بنسب متساوية تقريبا، مع قليل من الليبيدات. ولقد سميت الريبوزومات بهذا الاسم لأحتوائها على نسبة كبيرة من حامض الريبوز النووى.

وتوجد الريبوزومات حرة في سيتوبلازم الخلية وعلى السطوح الخارجية لأغشية الشبكة الأندوبلازمية وغلاف النواة كما توجد في البلاستيدات الخضراء، والميتوكوندريات. وقد يبلغ عدد الريبوزومات في الخلية حوالى نصف مليون. ولا تتكاثر الريبوزومات ولا تتخلق نفسها، وانما تتكون أصولها في النوية وتنقل منها الى السيتوبلازم.

وأوضحت الدراسة بالمجهر الإلكتروني أن الريبوزومات تتجمع في وحدات معقدة التركيب تسمى Polysomes ، تتركب الوحدة من جزء من حامض الريبوز النووي الرسول (mRNA) وعدة ريبوزومات وسلاسل غير مكتملة من البروتين .

وتعتبر الريبوزومات المراكز الرئيسية لبناء البروتينات من الأحماض الأمينية في الخلية . حيث يقوم DNA الموجود في النواة بتكوين mRNA الذي تنتقل جزيئاته الى السيتوبلازم متضمنة النظام الذي يتبع لبناء البروتينات .

وتحتوى الخلية على حوالى ٥٠٠ مليون من جزيئات الانزيمات ، يبلغ قطر الواحد منها حوالى ٢٠ أنجستروم ، تضم حوالى عشرة آلاف نوع . وهذه الانزيمات ليست حية ، وإنما تصنع بواسطة الريبوزومات .

٦ - الديكتيوسومات Dictyosomes

وهي صفائح رقيقة جدا غشائية Cisternae توجد منتشرة في سيتوبلازم الخلية (شكل ٤٢) . ويتركب الديكتيوسوم من صف من صفائح غشائية متراسة فوق بعضها غير أنها ليست متلاصقة معا نتيجة لوجود مادة بينية غير معروفة التركيب . هذه الصفائح ذات سطح ناعم ، خالية من الريبوسومات ، يتراوح عددها بين ٨-٤ ، كل منها عبارة عن غشاء سيتوبلازمى مزدوج يحصر بين غشائية تحوي اتساعه حوالى ١٥٠ أنجستروم . والديكتيوسوم ، يشبه في هذه الحالة ، صف من صفائح منضغطة ومقوسة نوعا على شكل طبق .

وعادة تلتحم نهايتى الغشائين معا ، ويظهر بجانب كل منها حويصلات صغيرة Vesicles . ولقد أوضحت المجهر الإلكتروني أن هذه الصفائح الغشائية Cisternae ليست مجرد صفائح أو أكياس مسطحة فقط ، وإنما تمتد فيها زوائد أنبوبية متفرعة ومتصلة ببعضها بعض ، وتحصر بينها فراغات كثيرة . وتتصل الحويصلة بالتجويف بواسطة أنبوبية دقيقة أو أكثر . ويختلف عدد الديكتيوسومات في الخلية ، وقد يصل في بعض الخلايا إلى بضعة أو عدة آلاف ، تتجمع غالبا قريبا من النواة .

ولقد ثبت حديثا أن الحويصلات التي توجد بجوار حواف الديكتيوسومات تحتوى على مواد تدخل في تركيب جدر الخلايا ، لاسميا المواد البكتينية التي تتركب منها الصفيحة الوسطى للجدار . وتلتحم هذه الحويصلات ، بعد انفصالها عن حواف الديكتيوسومات مع الغشاء البلازمى أو الغشاء الفجوى .

كما لقد وجد أن الصفيحة السطحية (العليا) في كل ديكتيوسوم تتجزأ تدريجيا الى

حويصلات دقيقة تنتقل في السيتوبلازم، ربما تحت توجيه من الأنبيات الدقيقة Microtubules وتلتحم مع أى من الغشائين السابقين البلازميين. والديكتيوسوم تركيب ديناميكي، وتتكون صفائح غشائية جديدة من الشبكة الأندوبلازمية تقسم إلى الجزء القاعدى من الديكتيوسوم. وفي نفس الوقت تتجزأ الصفائح الأكبر سنا إلى حويصلات تلتحم مع الغشاء البلازمى أو الفجوى. يتضح من ذلك أن الصفائح التي تنشأ جديدة يقابلها أخرى تتجزأ إلى حويصلات دقيقة جدا تلتحم مع أى من الغشائين البلازميين. كما يصاحب تكوين الصفيحة الجديدة إنتاج طبقة من المادة اللاصقة بين الصفائح الغشائية، وبالتالي فإن تجزؤ الصفيحة الغشائية يستتبع تحطم هذه المادة.

وكثيرا تعرف الديكتيوسومات باسم أجسام جولجى Golgi bodies نسبة إلى مكتشفها الإيطالى Golgi عام ١٨١٨. ولا يزال منشأ الديكتيوسومات غامضا، وإن كان يعتقد أن الصفائح تنشأ عن حويصلات دقيقة تنفصل عن أجزاء من الشبكة الأندوبلازمية.

Spherosomes

٧ - الأجسام الكروية

وهي عضيات متناهية في الصغر كروية الشكل يحاط كل منها بغشاء سيتوبلازمى عبارة عن وحدة غشائية، يتراوح قطرها بين ٣٠-٤٠ أنجستروم. يتركب جسم هذه العضيات من أكثر من ٨٥٪ من الدهون والباقي معظمه من البروتينات. وتوجد الأجسام الكروية بكثرة في سيتوبلازم خلايا الأنسجة التي تقوم بتخزين الدهون مثل اندوسبرم بذرة الخروع ولفقات عباد الشمس والفول السوداني أو طبقة الألبرون في اندوسبرم حبوب الفلأل. وتتكون الأجسام الكروية خلال مراحل تكوين البذرة، وتستهلك الدهون التي تبنى وتخزن فيها خلال مراحل تكوين البادرة عند الانبات حيث تحتوى في تلك الفترة على انزيم الليبيز Lipase الذي يكون نشطا جدا. ويعتقد العلماء أنها تنشأ عن أجزاء دقيقة تنفصل عن الشبكة الأندوبلازمية.

Microtubules

٨ - الأنبيات الدقيقة

ولقد عرفت في خلايا النبات عام ١٩٦٢ وهى عبارة عن عضيات أسطوانية مستقيمة طولها حوالى بضعة ميكرونات وقطر الجسم حوالى ٢٥٠ أنجستروم، بينما قطر قناتها حوالى ١٢٠ أنجستروم.

وتوجد الأنبيات الدقيقة في سيتوبلازم الخلية وهناك أخرى يتألف منها المغزل النووى Nuclear Spindle في عملية الانقسام الخلوى غير المباشر، وهى تتكون وتتجزأ طبقا لمتطلبات معينة في الخلية. ووجد أن الأنبيات الدقيقة لا تنتقل من مكان تكوينها في الخلية فهى تتكون في منطقة ما من سيتوبلازم الخلية وتختفى مع انتهاء الغرض منها،

لتعداد التكوين في منطقة أخرى من جديد، وهي تختص في منطقة ما وتتكون جديدة في أخرى. يرجح أن لها ارتباط بتنظيم وضع لويقات السليلوز الجديدة في جدار الخلية، كما ويرجح أيضا أنها توجه حويصلات الديكتيوسومات التي تحمل المواد عديدة التسكر خلال السيولازم الى أجزاء الغشاء البلازمي الملاصقة للمناطق التي يبنى فيها جدار الخلية.

٩ - الليسوسومات

Lysozomes

وهي أجسام موجودة بالسيولازم، يمكن رؤيتها بواسطة المجهر الإلكتروني. ويحاط الجسم بغشاء سيتوبلازمي عبارة عن وحدة غشائية وهي خالية من أي امتدادات غشائية داخلية Cristae. والجسم كروي الشكل تقريبا، ويبدو أنها تحتوى على عدد من انزيمات هاضمة، جمعتها من الخلية لتحميها من الهضم الذاتي. وعند موت الخلية، تنجز هذه الأجسام وتحرر الانزيمات الهاضمة وتحلل الخلية.

المكونات غير البروتوبلازمية

تمثل هذه المكونات نواتج عمليات التحول الغذائي، ولهذا قد تظهر أو تختفي كليا أو جزئيا في فترات مختلفة من حياة الخلية، وأحيانا تمثل هذه المكونات مواد مخزنة زائدة عن حاجة الخلية. وتوجد هذه المكونات في الفجوات العصارية أو السيولازمية أو الجدار الخلوي، وهي أما دائبة أو صلبة أو في حالة غروية، وهي أما عضوية أو غير عضوية. هذه المكونات يتألف منها الجزء غير الحى في الخلية، وتتوزع فوائدها للنبات وأهميتها الاقتصادية للإنسان. وسوف يكتفى بعدد من المكونات الشائعة في مغطاه البذور.

١ - الفجوات والعصير الخلوي

الفجوة Vacuole عبارة عن تمهيف داخل سيولازم الخلية يحتوى على سائل مائي يسمى العصير الخلوي Cell sap، يختلف تركيبه من خلية الى أخرى وحتى من فجوة الى أخرى في نفس الخلية. قد يختلف تركيز العصير الخلوي أيضا في نفس الخلية خلال مراحل تكشفها. وتحاط الفجوة العصارية بغشاء بلازمي يسمى الغشاء الفجوى To-noplast وهو عبارة عن وحدة غشائية Unit membrane. والفجوات العصارية من مميزات الخلية النباتية.

ويعتبر الماء المكون الرئيسى للعصير الخلوي، ويحتوى على مواد تكون دائبة أو في حالة غروية، وعندما تراكم مادة بدرجة تزيد عن نقطة التشبع فانها قد تتبلور. ومن المواد الموجودة بالعصير الخلوي، السكريات، والأملاح المعدنية، والأحماض العضوية،

والبروتينات والدباغ والصبغات وأشياء القلويات والانزيمات. وكثيرا توجد بلورات من أكسالات الكالسيوم في فجوات الخلايا الناضجة.

وقد يمتوى العصير الخلوى على مواد معوقة لنشاط الخلية، الا أنها لا تؤثر في فعاليات السيتوبلازم أو مكوناته البروتوبلازمية نظرا لوجود الغشاء الفجوى الذى يحول دون امتزاج هذه المواد بالسيتوبلازم.

والعصير الخلوى حامضى خفيف يختلف تركيزه من خلية الى أخرى في نفس النبات، غالبا عديم اللون. أحيانا يكون العصير ملونا نتيجة لاحتوائه على صبغات أكثرها انتشار صبغات الأنثوسيانين Anthocyanins. هذه الصبغة مسئولة عن الأوراق الحمراء والزرقاء والقرمزية في كثير من الأزهار والأوراق والسيقان والجلود. في أوراق نبات الكوليس Coleus يجب اللون الأخضر للكلوروفيل نتيجة لسيادة صبغات الأنثوسيانين في الخلايا. والفلافونات Flavones هي المسئولة عن اللون الأصفر لبعض الأزهار.

وتختلف حجم الفجوة العصارية وشكلها من خلية الى أخرى. وتتميز الخلية المرستيمية بأن فجواتها كثيرة العدد غير أنها دقيقة الحجم وتباين في الشكل، فقد تكون عصوية أو خيطية أو كروية. وقد تتجمع هذه الفجوات الدقيقة معا مكونة فجوات أكبر. بينما خلايا الكامبيوم Vascular cambium ذات فجوات عصارية كبيرة نوعا. والخلية البارنكسية، عادة توجد بها فجوة عصارية كبيرة تشغل الحيز الأكبر من الخلية أو بضع فجوات كبيرة نوعا تتخللها شرائط سيتوبلازمية تصل فيما بين مناطق السيتوبلازم المختلفة. وتمثل الفجوة العصارية أو الفجوات العصارية في الخلية البارنكسية حوالى ٩٠٪ من حجمها. وخلال مراحل تخصص الخلية، يزداد حجمها دون أن يقابل هذه الزيادة في الحجم زيادة في مقدار السيتوبلازم.

والفجوات الدقيقة في الخلية المرستيمية تزداد في الحجم تدريجيا وتتحد معا لتكوين فجوة واحدة كبيرة أو أكثر، تدفع السيتوبلازم والنواة قريبا من جدار الخلية. وتسمى الفجوة العصارية وسطا لانتقال الماء الى الخلية، كما تحافظ على شكل الخلية وانتفاخها. وتعتبر الفجوة العصارية مكانا تخزن فيه المواد الزائدة عن حاجة الخلية. وقد يخزن في الفجوات العصارية لبتلات الأزهار مواد جاذبة للحشرات لتقوم بعملية التلقيح، وقد توجد مواد طاردة لها.

ولقد اختلف الباحثون في تحديد منشأ الفجوات العصارية، فهناك من يرى أنها تتجاوب من الشبكة الأندوبلازمية، وآخرين يرون أنها قد تنشأ عن أجسام داكنة تظهر في السيتوبلازم، ريبا تكون فجوات دقيقة تمتص كميات من الماء تؤدي الى زيادتها في

الحجم مكونة فجوات كبيرة. أما البعض الآخر فيرى أنها قد تنشأ تلقائياً كتركيب جديد في السيتوبلازم وليست عن فجوات سابقة. ولقد اكتشف Meyen الفجوات العصارية في عام ١٨٣٥ وتبعه Schleiden في عام ١٨٤٢ حيث ميز بين الفجوة العصارية والسيتوبلازم.

٢ - الكربوهيدرات Carbohydrates

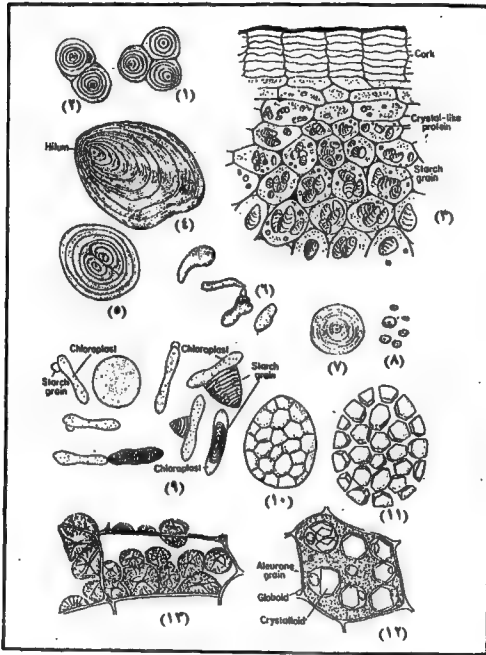
الكربوهيدرات مواد عضوية تمثل مكوناً أساسياً لجميع خلايا أنسجة النباتات مغطاه البلور، وتشمل مواد متنوعة مثل السكريات والنشا والسليلوز والهيميسليلوزات والمركبات البكتينية والصمغ والمواد المخاطية وغيرها. توجد الكربوهيدرات في الخلايا النباتية على صورة ذائبة أو صلبة. ومن أهم الكربوهيدرات الذائبة في الماء والتي توجد كمواد مدخرة في الخلية السكريات الأحادية؛ الجلوكوز والفركتوز، والسكريات الثنائية؛ السكروز، ومن السكريات العديدة التسكر الأنولين. ويعتبر النشا والسليلوز والهيميسليلوزات من الكربوهيدرات غير الذائبة في الماء.

أ - السكريات Sugars

السكريات الهامة في النباتات مغطاه البلور التي توجد في العصير الخلوئى هي الجلوكوز Glucose والفركتوز Fructose والسكروز Sucrose. وسكر الجلوكوز أو سكر العنب يعتبر أكثر السكريات شيوعاً في النبات حيث يوجد تقريباً في كل خلية، وهو السكر الأساسى الذي يستخدم في عملية التنفس. ويعتبر سكر الجلوكوز هو الأساس الذي تتكون منه النشا والسليلوز.

ويمثل السكروز، أو سكر القصب، أحد صور تخزين المواد الكربوهيدراتية في النباتات مغطاه البلور. وبعض المحاصيل تتميز باحتوائها على مقادير كبيرة مخزنة من السكروز مثل سيقان نبات قصب السكر *Saccharum officinarum* قد تصل نسبة السكر في السيقان الى حوالى ٢٠٪ وجذور نبات بنجر السكر *Beta vulgaris* ويذور البازلاء *Pisum sativum* والاسفندان السكرى *Acer Saccharinum*.

والفركتوز أو سكر الفاكهة يوجد تقريباً في كل الخلايا ويكثر وجوده في كثير من ثمار الفاكهة ويقوف في هذه الحالة ما بها من الجلوكوز والسكروز. ويلعب الفركتوز دوراً هاماً في عديد من التفاعلات الحيوية. والأنولين Inulin مادة عديدة التسكر Polysaccharide تتكون من تكثف جزئيات من الفركتوز. ويوجد الأنولين في صورة بلورات مخزنة بكثرة في عدد من النباتات خصوصاً أنواع من العائلة المركبة *Asteraceae* مثل جذور نبات الداليا *Dahlia* وريزومات نبات الخرشوف *Helianthus Tuberosu* (شكل ٤٦).



(شكل ٤٦): يوضح حبيبات النشا في البطاطس.

- (١). حبيبة نشا مركبة. (٢). حبيبة نشا نصف مركبة (٣). قطاع عرضي في الجزء الخارجي من درنة البطاطس. (٤). حبيبة نشا بسيطة ذات مرة طرفية. (٥). حبيبات نشا للحمض. (٦). حبيبات نشا القمح. (٧). خطوات تكوين حبيبة النشا في بلاستيدة خضراء. (٨). حبيبة نشا مركبة في نبات الزمير. (٩ و ١٠). بلورات الانبولى في جلور الداليا. (١٢). حبيبات الأليرون في اندوسبرم الحبوب. (١٣). حبيبات النشا في الفاصوليا.

والانيولين نادرا يوجد في الاعضاء الهوائية للنبات، غير أنه قد يمثل حوالى ١٥٪ من الوزن الجاف لبعض الاعضاء الأرضية. إذا وضعت بضع شرائح من جذور الداليا في الكحول يترسب الانيليون في صورة بلورات جميلة الشكل ذات طبقات مركزية. ويتحلل الأنيليون مائيا الى فركتوز بواسطة الانزيم *Inulase*.

ب - النشا Starch

يعتبر النشا أهم المواد الكربوهيدراتية المخزنة في النباتات مغطاه البذور. بعض المحاصيل لها القدرة على اختزان كميات كبيرة من النشا في أعضاء تخزين مثل درنات نبات البطاطس *Solanum tuberosum* وجذور البطاطا *Ipomoea batatas* وكورمات القلقاس *Colocasis esculenta* وحبوب الغلال *Cereals* وسيقان بعض أنواع النخيل مثل نخيل ساجو *Metroxylon sago*.

وتخلل عملية البناء الضوئي يتكون النشا في البلاستيدات الخضراء في صورة حبيبات ميكروسكوبية بيضاء اللون تسمى حبيبات النشا *Starch grains* (شكل ٤٦). يبقى هذا النشا في البلاستيدات الخضراء طالما كانت هناك مواد كربوهيدراتية زائدة في الخلية. ويتحول هذا النشا خلال الليل الى سكر جلوكوز ينتقل من الورقة الى أعضاء النبات الأخرى حيث يستفاد منه أو يخزن داخل البلاستيدات النشوية *Amyloplasts* حيث يعاد بناء السكر الى حبيبات نشا. هذا النشا المخزون في البلاستيدات النشوية يسمى النشا الأختزاني *Storage starch* أما الذي يتكون في البلاستيدات الخضراء فيسمى النشا البنائي *Assimilatory starch* أو الانتقالي.

وتتركب حبيبة النشا من نوعين من المواد الكربوهيدراتية يسمى أحدهما الأميلوز و *Amylose* والآخر الأميلو بكتين *Amylopectin* يذوب الأول في الماء بينما الأميلو بكتين يصبح في صورة جيلاتينية مع الماء. وجزيئات الأميلوز أصغر من نظيرتها في الأميلو-بكتين. يتركب جزيء الأميلوز من سلسلة مستقيمة من جزيئات الجلوكوز بينما جزيء الأميلوبكتين يتركب من سلسلة متفرعة، وقد تتفرع الأفرع الجانبية.

وتختلف نسبة الأميلوز والأميلوبكتين بدرجة كبيرة في الأنواع المختلفة من النباتات، ومع هذا يمثل الأميلوز حوالى ٢٠-٣٠٪ في حبيبات النشا لمعظم النباتات فنشا بذور البازلاء *Pisum sativum* يحتوى على ٦٠-٧٠٪ أميلوز، بينما النشا الشمعي *Wax starch* الموجود في بعض أنواع الذرة وغيره من حبوب الغلال يتركب كليا من الأميلوبكتين.

وتختلف حبيبات النشا في الشكل والحجم تبعا لنوع النبات. فقد تكون الحبيبة كروية الشكل أو بيضاوية، وقد تكون كلوية أو كمثرية أو مضلعة أو صولجانية الشكل،

ويتراوح قطر حبيبة النشا بين بضعة ميكرونات وحوالى ٣٥٠ ميكرون. تتميز حبيبة النشا بعلامات مورفولوجية يمكن ملاحظتها تحت المجهر وهي السرة Hilum والطبقات Stratifications أى الحلقات مشتركة المركز التي تحيط بالسرة Hilum وهي المركز العضوى الذي ترسب حوله طبقات النشا المختلفة. ويظهر النظام الطبقي لاختلاف كثافة طبقات النشا، بعضها الى الخارج من البعض الآخر، والطبقة الأكثر كثافة تكون لامعة بينما الأقل تكون داكنة.

وتختلف الطبقات في كثافتها، وتمثل كل منها الزيادة التي طرأت على الحبيبة خلال فترات تكوينها. كثيرا تكون السرة والطبقات واضحة كما في نشا البطاطس Solanum tuberosum وغيرها من نباتات العائلة الباذنجانية Solanaceae والعائلة الفراشية Fabaceae. وأحيانا تكون السرة غير واضحة لاسيما في الحبيبات صغيرة الحجم.

السرة في حبة النشا تكون اما مركزية Concentric أى في وسطها أو طرفية Excentric أى قريبة من أحد طرفي الحبيبة. وفي العائلة النجيلية Poaceae والفراشية تكون السرة مركزية، بينما في العائلة الباذنجانية تكون طرفية. وإذا بدأ تكوين حبيبة النشا قريبا من الجزء الخارجى للبلاستيدة النشوية، فإن الحبيبة ستتمو بدرجة أسرع تجاه الجانب الآخر من البلاستيدة، وبذلك تكون الطبقات أكثر سمكا في الجزء الأكبر من البلاستيدة، وتصبح السرة طرفية. وإذا كانت الحبيبة أثناء تكوينها محاطة بانتظام بغلاف البلاستيدة، فإن نموها يكون منتظما داخل البلاستيدة، وتصبح السرة مركزية. وقد تكون السرة على هيئة نقطة أو شق صغير غير متفرع، أو شقين أو ثلاثة متشعبة من مركز وسطى واحد. وقد تكون السرة على هيئة شق أو أخدود طويل، متفرع يمتد وسط الحبيبة، تخرق الضرعات طبقات النشا المجاورة للسرة كما في بذور الفاصوليا Phaseolus vulgaris. ويرجع وجود هذا الأخدود الى ارتفاع نسبة الماء في الطبقات المحيطة بالسرة خلال فترة تكوين الحبيبة ثم انخفاض هذه النسبة بعد بضع الحبيبة وجفافها.

الحبيبات البسيطة والمركبة Simple and Compound Grains

١ - الحبيبة البسيطة Simple grain

وهي حبيبة واحدة تتكون داخل البلاستيدة تتميز باحتوائها على سرة واحدة تحيط بها صفائح من النشاء مثل حبوب الذرة Zea mays والفاصوليا Phaseolus vulgaris والقمح Triticum spp. يتراوح قطر الحبيبة البسيطة بين ٥٠-٢٥ ميكرون في نشا الذرة، وفي القمح ١٥ - ٥٠ ميكرون، وفي نشا البطاطس حوالى ١٠٠ ميكرون.

ب - الحبيبة نصف المركبة Semi Compound Grain

تركب الحبيبة من حبيبتين أو ثلاث وتشتمل على سرتين أو ثلاث تحيط بها معا بضع طبقات مشتركة من النشا كما في البطاطس والبطاطا *Ipomoea batatas*. ويرجع ذلك الى تكوين بضع حبيبات في فترة واحدة داخل البلاستيدة النشوية.

ج - الحبيبة المركبة Compound Grain

تركب الحبيبة المركبة من تجمع حبيبتين أو أكثر لكل منها مرة وطبقات نشأ محيطة. ومن أمثلة هذه الحبيبات المركبة حبيبات النشا في الأرز والشوفان والبطاطس. ويتراوح عدد الحبيبات في الحبيبة المركبة لنشا الأرز *Oryza sativa* حوالى ١٠٠ حبيبة، والمليجرام من هذا النشا يمتوى على حوالى ١١ مليون حبيبة. والحبيبة المركبة في البطاطس تشمل ١٠٠ حبيبة، وفي الشوفان *Avena sativa* تحتوى الحبيبة المركبة على حوالى ٢٠٠ حبيبة.

د - السليسلوز Cellulose

وهو مادة كربوهيدراتية وثيقة الارتباط بالنشا، وهو المكون الرئيسى لجدر خلايا النباتات مغطاة البلور، ويكسيها المثانة اللازمة، ويتميز بقدرته على تشرب الماء وانفاذه. يتركب جزئى السليسلوز من سلسلة غير متفرعة تتكون من تكثيف عدة مئات من جزيئات سكر الجلوكوز. وجزيئات السليسلوز في جدار الخلية مختلفة الطول، فقد تكون طويلة تحتوى على بضعة آلاف من جزيئات سكر الجلوكوز أو قصيرة يصل عدد الجزيئات فيها الى حوالى ألف. وتتجمع هذه السلاسل في وحدات تسمى اللويفات الدقيقة *Microfibrils* وهى الوحدات التركيبية الأساسية لجدار الخلية.

ولويفات السليسلوز الدقيقة تتكون عند السطح الخارجى للغشاء البلازمى، حيث تكسوه حبيبات كروية الشكل مطمورة جزئيا فيه، يقوم عدد منها بتكوين هذه اللويفات. وقطر الحبيبة يكون عادة أكبر من قطر اللويفة الدقيقة، حيث يبلغ حوالى ١٥ نانوميكرون بينما قطر اللويفة حوالى ٨.٥ نانوميكرون. وهذه الحبيبات تقوم أيضا ببناء الزيادة التي تحدث في طول اللويفة خلال مراحل نمو الخلية.

واللويفة الدقيقة تركب من حزمة جزيئات السليسلوز، محاورها الطويلة متوازية معا، والمقطع العرضى للويفة ييضاوى الشكل. الجزء الأوسط من جسم اللويفة، يضم جزيئات سليسلوز تترتب مفرداتها في هيئة تركيب شبكى متبلور، بينما الجزء الخارجى، القشرة، تترتب الجزيئات في صورة غير منتظمة تحتوى فيها بينها على حشوة *Matrix* من مواد بكتينية وهيميسليسلوزا تنفيذ إليها الماء. وهذه الحشوة تقوم الديكتيوسومات، في سيتوبلازم الخلية، ببناء مكوناتها وتنقل داخل حوصلاتها الى جدار الخلية، ويبدو أن

الأنبيات الدقيقة توجه هذه الحويصلات الى أماكن الحشوة في الجدار. واللويفة الدقيقة يبلغ طولها عدة ميكرونات تبعاً لطول جزيئات السيليلوز التي تتركب منها. ونظراً لأن جزيء السيليلوز يوجد في هيئة سلسلة غير متفرعة متوسط طولها حوالي ١٢-٤ ملليمكرون، فإن بعض هذه الجزيئات يمتد بطول اللويفة بينا الكثير لا يصل امتداده الى نهاية اللويفة، ولهذا توجد مناطق في اللويفة الدقيقة تنتهي عندها سلاسل جزيئات السيليلوز بينا تبدأ غيرها. والقطاع العرضي للويفة الدقيقة يتراوح بين ٥-٤ و ٨-٥ نانوميكرون، جزيءها الأوسط يحتوي على حوالي ٥٠ جزيء سيليلوز بينا الخارجى يوجد به أكثر من ١٠٠ جزيء من عديدات التسكر Polysaccharids سيليلوز + هيميسيليلوز.

د - الهيميسيليلوزات Hemicellulose

اقترح هذا الاسم عام ١٨٩١، وهي ليست متعلقة كلياوا بالسيليلوز وانما توجد مرتبطة معه في جدر خلايا النبات، وتتميز بصفات كيميائية وطبيعية خاصة. والهيميسيليلوزات التي توجد في جدر اندوسبرم بعض البذور مثل البن *Coffea* والبالح *Phoenix dactylifera* تعتبر غذاءاً لمبخرها يستفيد منه جنين البذرة خلال الانبات. والهيميسيليلوزات التي توجد بالجدر الخلوية للأنسجة الخشبية لبعض الأشجار، مثل أشجار التفاح *Malus Sylvestris* يستفيد منها النبات كغذاء مدخر يهضم ويستخدم حينما يستألف النمو في الربيع.

هـ - اللجنين Legnin

وهو مادة غير كربوهيدراتية تبنى في سيتوبلازم الخلية، ويتم اتحادها في جدار الخلية لتكون اللجنين. ويحتوى جدار الخلية على انزيم *Laccase* المختص ببناء اللجنين. ومكونات اللجنين تنتقل الى جدار الخلية عن طريق الغشاء البلازمى ومنه الى الجدار حيث تلتقى بهذا الانزيم. ولما كانت عملية التلجنن تحدث عند المراحل الأخيرة لنمو الخلية، فلا بد أن يوجد بالجدار، في هذه الفترة، اشارة معينة تتحكم في نشاط أنواع من الانزيمات التي توجد في الجدار لتكوين اللجنين عند هذه المرحلة.

وتوزيع اللجنين في جدار الخلية يكون غير متماثل، وعادة الطبقات التي ترسب منه أولا، وهى الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائى، تكون أكثر تلجنا مما تكون عليه في الجدار الثانوى.

و - المركبات البكتينية Pectic Compounds

وهي مواد عديدة التسكر مثل الهيميسيليلوزات غير أنها تذوب في الماء مثل حامض

البكتيك Pectic acid والبكتين Pectin. والبروتوبكتين Protopectin لا يذوب في الماء، ويوجد في الصفیحة الوسطی حيث یربط جداری الخلیتین المتلاصقتین معا، كما یمثل جزءا من الجدار الابتدائی للخلية، ویرتبط مع السلیولوز وأحيانا للحمین. یشترك عدد من الانزيمات في تحلل المركبات البكتينية المعقدة الى بسيطة مثل Pectinase, Protopec-tinase الذي يؤدي إلى تفكك جدر الخلايا تحت ظروف معينة.

وجدير بالذكر ان الفاكهة زائدة النضج، التي يتحول فيها معظم البكتين الى حامض بكتيك، تكون أقل صلاحية في عمل الجلي مقارنة بغير الناضجة أو الخضراء. وخلال نضج الثمار يتحول البروتوبكتين الى بكتين ذائب، ولهذا تصبح الثمار غير متماسكة. هذا التحول يجعل كثير من الثمار طرية.

ز - الصمغ Gums

وهي مواد كربوهيدراتية معقدة تمثل ناتجا غير عادی نتيجة لظروف مرضية في النبات ينتج عنها تحطم جدران ومحتويات الخلايا. والصمغ العربي أحد أنواع الصمغ يحصل عليه من أحد أنواع جنس Acacia الافريقية، وكذلك صمغ Tragacanth يحصل عليه من نوع آسبوی يسمى Astragalus والصمغ المعروف التي تفرز من سيقان أشجار البرقوق والخوخ أمثلة واضحة للظروف المرضية ..

ح - المواد المخاطية Mucilage

مركبات كربوهيدراتية معقدة يبدو أن تركيبها الجزئي، من الناحية العامة، يماثل نظيره في الصمغ. وتمثل المواد المخاطية ناتجا عاديا لنشاط الخلية، وقد تتكون بكميات كبيرة تؤدي الى امتلاء الخلية بها. ومن أمثلة المواد المخاطية تلك التي توجد في قلف Bark شجرة الدردار Ulmus والتي تخزن في خلايا بشرة غلاف البذرة في نبات الكتان Linum usitatissimum (شكل ٨) وفي خلايا جذور نبات الخطمية Althea rosea وجذور وثيار نبات الدبق Loranthus والأنسجة الخازنة للماء في النباتات الصحراوية مثل الصبار. وتتراكم المواد المخاطية في بذور بعض البقوليات مثل شجرة الجراد Robinia وخروب العسل Gladistachia والخرنوب Ceratonia siliqua.

٣ - البروتينات

Proteins

مواد عضوية نيتروجينية ذات أهمية قصوى للنبات فهي تمثل المكون الأساس لبروتينلازم الخلية. توجد البروتينات المخزونة اما ذاتية في العصير الخلوي، أو في حالة صلبة في صورة كتلة غير منتظمة الشكل تملء حيز الخلية كما في اندوسبرم بذور الحبهان Elittaria Cardamomum أو على شكل أجسام محددة الشكل تسمى حبيبات الأليرون

Aleurone grains. تنشأ كل حبيبة داخل فجوة عصارية محتوياتها غنية بالبروتينات، وتتصلب في هيئة حبيبات مستديرة وأحيانا كأجسام غير منتظمة الشكل (شكل ٤٦).

ويكثر وجود حبيبات الأليرون في اندوسبرم البذور الغنية بالزيت مثل الخروع Ricinus والكتان Linum والقطن Gossypium وفول الصويا Glycine. كما توجد حبيبات الأليرون في خلايا طبقة الأليرون المغلفة لاندوسبرم حبوب الغلال، وفي خلايا أجنة بعض البذور مثل تباع الشمس Helianthus والخروع Ricinus communis annus والقطن Gos-sypium. وحبيبات الأليرون كبيرة الحجم توجد عادة في بذور الزيت مثل الخروع والقطن بينما تكون صغيرة في البذور الغنية بالمواد النشوية مثل بذور البازلاء Pisum والفول Vicia faba. هذه الحبيبات قد تكون بسيطة التركيب غير متبلورة، مستديرة الشكل وصغيرة، تتركب من غشاء رقيق بداخله حشوة بروتينية غير متبلورة كما في البازلاء، أو تكون معقدة التركيب ولكل حبيبة غلاف رقيق يحيط بحشوة بروتينية غير متبلورة مطموّر فيها جسم أو أكثر بروتيني مضلع يسمى بالجسم شبه البللورى Crys-talloid يكون مرتبطا بجسم أو أكثر كروي الشكل غير متبلور يسمى بالجسم شبه الكروي Globoid، يتركب من مادة مركبة معدنية من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم. وحبيبات الأليرون صغيرة الحجم، أقل قطرا من معظم حبيبات النشا. فمثلا، قطر حبيبة الأليرون في الكتان حوالى ٨-١٥ ميكرون، والخروع حوالى ١٠ ميكرون. وحبيبة الأليرون في اندوسبرم بذرة الخروع والكتان تحتوى على جسم شبه لللورى واحد وآخر شبه كروي، بينما في بذور جوز الطيب Myristica fragrans. تحتوى الحبيبة على جسم شبه لللورى فقط، وفي بعض ثمار العائلة الخيمية Apiaceae توجد في حبيبة الأليرون بلورة نجمية من أكسالات الكالسيوم فقط.

وهناك وظيفة خاصة لخلايا طبقة الأليرون في حبوب الغلال ليستفيد منها الجنين خلال الأنبات. فقد ظهر أن الجنين في حبة الشعير يقوم بإفراز حامض الجربيلليك Gib-berellic acid والذي يشجع خلايا طبقة الأليرون لإنتاج انزيم الأميليز Amylase حيث يحول النشا الموجود في خلايا الاندوسبرم الى سكر وبذلك يجعله ميسورا ليستفيد منه الجنين خلال مراحل تطوره الى يادرة.

وأهم البروتينات غير المتبلورة مايسمى بالجلوتين Glutin الذي يوجد مختلطا مع النشا في أندوسبرم حبوب القمح. وتتراوح نسبة البروتين في حبوب الشعير والقمح بين ١٠-١٥٪ من الوزن الجاف، والشوفان ٤-١٤٪ والقطن حوالى ٢٠٪ وفول الصويا حوالى ٤٥٪.

Oils and Fats

٤ - الزيوت والدهون

تتوزع الزيوت والدهون في جسم النبات وربما توجد في سيتوبلازم جميع خلايا النبات الحية، في صورة قطرات متفرقة في فجوات تسمى فجوات الزيت Oil vacuoles لا تصل إلى حجم الفجوات العصارية.

ويخزن الزيت في اندوسبرم بعض البذور مثل الخروع والكتان أو في جنينها مثل القطن والخروع وفول الصويا والقرطم *Carthamus tinctorius*. مثل هذه البذور تحتوى عادة على مقادير ضئيلة من المواد الكربوهيدراتية، وأحياناً يخزن الزيت في لحم الشار مثل الزيتون *Olea spp.*

وتخزن الدهون في بعض البذور مثل بذور نبات الكاكاو *Theobroma cacao* وجوز الهند *Cocos nucifera* وفي البذور والغلاف اللحمي لثمار نخيل الزيت *Elaeis guineensis*.

وتتأهل الزيوت والدهون في تركيبها الكيماوى، غير أن الأولى تكون سائلة في درجات الحرارة العادية بينما الدهون جامدة أو شبه جامدة. وتتكون الدهون والزيوت بواسطة بلاستيدات الزيت أو بواسطة الأجسام الكروية. وتتميز الزيوت بارتفاع نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة مثل حامض الأوليك *Oleic acid* وحامض لينولييك *Linolenic acid* أما الدهون فأنها تحتوى على نسبة مرتفعة من أحماض دهنية مشبعة مثل حامض البالميتيك *Palmitic acid* وأستياريك *Stearic acid*. ومن الزيوت الهامة في البذور زيت بذرة القطن *Cotton seed oil* والكتان *Lin seed oil* وفول الصويا *Soyabean* وتباع الشمس *Sunflower seed oil* وزيت ثمار الزيتون *Olive oil*. هذه الزيوت تعرف بالزيوت الثابتة *Fixed oils*. ومن الدهون المعروفة زيت جوز الهند *Coconut oil* والكاكاو *Cocoa butter* ونخيل الزيت *Palm oil*.

وتعتبر الدهون والزيوت، بالنسبة للنبات، مواد قيمة لأدخار الطاقة، ويتتج عن أكسبتها كمية من الطاقة تعادل $\frac{1}{2}$ قدر ما تنتجه الكربوهيدرات. ولا يلجأ النبات إلى الاستفادة من الدهون أو الزيوت كمصدر للطاقة إلا عند نقص المواد الكربوهيدراتية المخزونة. أو في أحوال خاصة.

ويتكون بالنبات زيوت أخرى تسمى الزيوت الأساسية *Essential oils* أو الطيارة *Volatile* تتميز برائحتها القوية وتطايرها عند تعرضها للهواء.

وتوجد هذه الزيوت في بتلات الأزهار لكثير من النباتات والبراعم الزهرية مثل الورد *Rosa spp.* والياسمين، *Jasminum* وبعض الثمار مثل اليونسون *Pimpinellian anisum*.

والكاروية Carum carvi والريزومات مثل الزنجبيل Zingiber officinale وعود الريح Santalum album وفي خشب بعض الأشجار مثل شجرة الصندل Acorus calamus والقلف Bark مثل نبات القرفة Cinnamomum والأوراق مثل الكافور Eucalyptus والنعناع Mentha sp.

وتتكون الزيوت الطيارة في غدد افرازية خاصة كما تتكون أيضا في شعور غدية -Glandular hairs كما في أوراق اللافندر Lavandula vera. أحيانا تتكسر الخلايا الحاوية للزيت ويتجمع الزيت في مجاويف على هيئة قطرات كبيرة. تساعد هذه الزيوت في اجتذاب الحشرات لتلقيح الأزهار، كما تساعد في تقليل التنح ووقاية النبات من الطفيليات.

الكيتين والسوبرين Cutin and suberin

يمثل الكيتين Cutin والسوبرين Suberin مواد شبيهة بالدهون. وفي مغطاة البذور، تتكون طبقة تسمى الأدمة Cuticle من مادة الكيتين فوق سطوح الجدر الخارجية لخلايا بشرة الأعضاء الهوائية. وعملية تشرب جدر الخلايا بإداة الكيتين تسمى التكتوتين Cutinization. والكيتين مادة شبه محبة للماء، ويؤكد هذه الصفة عملية التنح الأديمي Cuticular transpiration وكذلك قابلية الأدمة لانفاذ محاليل المواد التي ترش بها النباتات.

تتميز خلايا القليل والأنسودرمس Endodermis في الجذر باحتوائها على مادة السوبرين. وعملية تشرب الجدر الخلوية بإداة السوبرين تسمى التسوبر Suberization. ويمنع السوبرين مرور الماء أو السوائل من خلال الجدر الخلوية.

الشموع النباتية Vegetable waxes

وهي مواد تشبه الدهون أيضا في تركيبها، وهي أكثر صلابة منها. تترسب الشموع على سطوح أوراق أوسيقان أو ثمار بعض النباتات في صورة حبيبات أو طبقات أو قشبان ذات نهايات خطافية. ويعتبر شمع كارنوبا Carnauba wax أكثر الشموع قيمة من الناحية الاقتصادية، ويترسب في صورة طبقات على سطوح أوراق نخيل الشمع البرازيلي Copernicia cerifera. وقد يصل سمك طبقة الشمع على سطوح الأوراق في هذا النبات الى حوالي ٥ ملليمترات. يحصل على الشمع أيضا من على سطوح ثمار شجرة الشمع Myrica cerifera حيث يترسب عليها في صورة طبقات تفرزها شعور غدية.

اللبن النباتي Latex

وهو سائل لزج نوعا، غروى، متنوع في لونه، يوجد في تراكيب خلوية متخصصة في هيئة خلايا أو أنابيب تسمى تراكيب اللبن النباتي Laticifers. وعادة، يكون اللبن

النباتى أبيض اللون كما في جنس الخشخاش *Papaver Somniferum* وجنس هيفيا *Hevea*. وقد يكون اللبن النباتى بنى مصفر كما في القنب *Cannabis sativa* أو أحمر كما في عرق الدم *Sanguinaria*. يتنوع تركيب اللبن النباتى تبعاً لنوع النبات، وبصفة عامة يحتوي على مواد ذائبة أو صلبة أو في حالة غروية. ومن هذه المواد السكريات وحببيات النشا والزيتون وأشباه القلويدات والبروتينات والكاوتشوك *Cautchouc* والراتنجات والصمغ والآنزيمات. حببيات النشا الموجودة في اللبن النباتى تكون دملبية الشكل عادة. واللبن النباتى في الأشجار المنتجة للمطاط يتميز باحتوائه على نسبة مرتفعة من الكاوتشوك قد تصل الى حوالى ٥٠٪.

وتوجد بضعة آلاف من أنواع النباتات يحتوي اللبن النباتى فيها على الكاوتشوك، أهمها الأنواع المنتجة للمطاط مثل مطاط هيفيا *Hevea braziliensis* - والذي تصل نسبة الكاوتشوك فيه الى حوالى ٤٠-٥٠٪ ويستج منه حوالى ٢٥٪ من المطاط المستهلك في العالم - وغيرها عدد من أشجار المناطق الحارة والمعتدلة مثل *Taraxacum* ومطاط بنا *Costelia elastica*، وهى شجرة ضخمة يصل ارتفاعها الى حوالى ١٠٠ قدم. وتوجد منتجات أخرى ذات أهمية اقتصادية يحصل عليها من اللبن النباتى، فمثلاً يحصل على مادة *Chi-cle* المستخدمة في صناعة اللادن من اللبن النباتى لشجرة *Achras zapota* والمورفين *Morphine* من اللبن النباتى لثيار الخشخاش *Papaver Somniferum* وآنزيم الباباين *Papaine* من اللبن النباتى لثيار البابا *Carica papaya* ومن الخس على عقار يسمى *Lactocarium*.

ويوجد الكاوتشوك في صورة حببيات ميكروسكوبية قطرها يتراوح بين ١-٥٠ ميكرون عالقة في اللبن النباتى. ويتكون اللبن النباتى في خلايا متخصصة أو أنابيب أو أوعية في جسم النبات، والخلايا حية ذات جدر رقيقة خالية من اللجنين وغير منتظمة السمك، تكون ممتلئة باللبن النباتى، ولا يوجد حد فاصل بين السيتوبلازم والفجوة العصارية، ترتب في صفوف طولية بجسم النبات. والأنابيب *Laticifer tubes* اما متفرعة أو غير متفرعة. الأنابيب المتفرعة يتكون عنها جهازان من أنابيب متفرعة، سيتوبلازمها عديد الأنوية دون تكوين جدر فاصلة كما في نبات الشولة البيضاء *Reasonifera euphorbia*. أما الأنابيب غير المتفرعة فتكون طولية غير متفرعة ولا توجد حواجز عرضية بين الأنوية العديدة التي يحتويها السيتوبلازم، وتكون ممتدة في الساق الى مسافة ليست قصيرة. ووعاء اللبن النباتى *Latex vessel* عبارة عن سلسلة طولية من خلايا متطاوله ثلاثت الجدر العرضية التي تفصل بينها. وعادة تتصل هذه الأوعية ببعضها عرضياً عن طريق وصلات خلوية تمتص الجدر الفاصلة بين خلاياها فيصبح

سيتوبلازمها عديد الأنوية، متصل بسيتوبلازم الوعاء. وأحيانا توجد أنابيب اللبن النباتي والخلايا في نفس النبات. واللبن النباتي يشفى جروح النبات ويحميه من مهاجمة الحيوانات.

الراتنجات

Resins

الراتنجات مواد معقدة التركيب، غير متبلورة تكون عادة صلبة هشّة وأحيانا طرية نوعا، وهي برتقالية اللون، بنية، أو سوداء، وتحترق مكونة لها مدخنا. ولاتذوب الراتنجات في الماء، وانما تذوب بدرجة قليلة أو كبيرة في الكحول والأثير والكلوروفورم. عند الغليان مع القلويدات، يتكون عن الراتنجات صابون يسمى الصابون الراتنجي. معظم الراتنجات الطبيعية تنتج عن خلايا افرازية توجد مطمورة في نسيج داخل. قد تكون الخلايا مفردة كما في ريزومات نبات الزنجبيل *Zingiber officinale* أو متجمعة في غدد داخلية كما في القرنفل العطري *Eugenia aromatica* أو في قنوات كما في ثمار العائلة الخيمية *Apiaceae*.

والغدة *Gland* عبارة عن تجويف يبضوى الشكل ينشأ نتيجة لانفصال مجموعة من الخلايا البارنكيمية عن بعضها، فتنشأ مسافة بينية تزداد اتساعا بانقسام الخلايا المحيطة، وتصبح محاطة بطبقة أو أكثر من خلايا طلائية *Epithelial cells* تقوم بافراز الراتنج الذي يتسرب منها الى تجويف الغدة حيث يجمّز فيها. والقنوات الراتنجية *Resin ducts* تكون مستديرة أيضا في القطاع العرضي ومحاطة بطبقة من خلايا افرازية رقيقة الجدر. والقناة تكون أنبوبية الشكل، وتحاط الخلايا الافرازية بنطاق واق من خلايا اسكلرنكيمية.

وقد تتكون الراتنجات نتيجة لجروح تحدث في النبات، حيث تتراكم على سطح الجرح مكونة طبقة واقية. أحيانا تصبح خلايا نسيج معين ممتلئة بالراتنجات كما في خشب نبات عود الأنبياء *Guaiacum*. وقد تنتج الراتنجات من شعيرات غدية خارجية كما في نبات القنب الهندي *Cannabis sativa*.

وتمثل المصطكي *Mastic* راتنج طبيعي يحصل عليه من شجرة المصطكي *Pistacia lentiscus* واللبان الذكر *Frankinsense* يحصل عليه من شجرة اللبان الذكر *Boswellia carterii*.

الدباغ

Tannins

وهي مواد عضوية معقدة التركيب، غير متبلورة، صفراء اللون أو حمراء أو بنية، ذات طعم قابض، واسعة الانتشار في النباتات مغطاة البذور، فلا يخلو منها أى نسيج في

جسم النبات، حتى في الأنسجة المرستيمية. ويكثر وجود الدباغ في جدر الخلايا، كما توجد في العصير الخلوي والسيتوبلازم، وعموما يختلف وجودها تبعا لنوع النبات.

وتكثر الدباغ في النسيج المتوسط لأوراق بعض النباتات مثل الشاي *Camellia* (حوالي ١٥٪ من الوزن الجاف)، وتنتج تجاريا من عدد قليل من النباتات مثل أوراق ساق الدباغ *Rhus coriaria* وقلق شجرة البلوط الكستنائي *Quercus suber* حيث قد يصل مقدارها فيه الى حوالي ٤٠٪ من الوزن الجاف.

تشاهد الدباغ في خلايا مفردة مبعثرة في نسيج ما أوفى أوعية كبيرة تسمى أكياس الدباغ أو في صورة كتل مختلفة الحجم. يعتقد أن الدباغ تحمي البروتوبلاست من الجفاف أو الانحلال، وتحافظ على تجانس السيتوبلازم، وتقى النبات من تطفل الحيوانات وتساعد في التئام جرحه.

ويستفاد من الدباغ تجاريا في صناعة ديبغ الجلود، حيث تتفاعل من جيلتين جلد الحيوان، كالمشاي، لتكوين مادة قوية متاسكة غير ذائبة. وتتفاعل الدباغ مع أملاح الحديد لتكوين مادة سوداء تستخدم في صناعة حبر الكتابة، كما يستفاد منها في نواحي طبية خاصة.

الانزيمات

Enzymes

تعتبر الانزيمات من أهم محتويات الخلية، يتركب كل منها من جزئ، بروتيني وآخر غير بروتيني تختلف تركيبه تبعا لاختلاف عمل الانزيم، ويلعب دورا هاما في تنشيط الانزيمات. والانزيمات هي العوامل المساعدة العضوية التي تيسر التفاعلات الفسيولوجية المختلفة في جسم النبات.

والانزيمات نوعية التخصص، فكل انزيم لا يتفاعل الا مع مواد معينة، فمثلا، الانزيم الذي يدخل في تحليل النشا لا يمكن أن يتدخل في تحليل السليولوز. وتحتوى الخلية الحية على حوالي ٥٠٠ مليون من جزيئات الانزيمات وهي ليست حية وانما تصنعها الريبوزومات. تعمل الانزيمات داخل الخلايا الحية، ويمكن استخلاصها من الأنسجة النباتية للاستفادة منها في تبسيط تفاعلات معينة خارج جسم النبات مثل انزيم الدياستاز *Diastases*.

أشياء القلويدات

Alkaloids

وهي مركبات نيتروجينية، طعمها مر، وذات تأثير سام، عديمة الرائحة، تتميز بأهميتها القصوى في عالم الطب. من أهم أشباه القلويدات المعروفة: الكينين *Quinine* ويستخرج من قلف أشجار نبات الكينا *Cinchona* وستريكينين *Strychnine* ويحصل

عليه من بذور شجرة الجوز المقىء *Strychnos nux vomica* والمورفين *Morphine* من ثمار الخشخاش *Papaver somniferum* والكافيين من بذور البن *Coffea arabica* والباين *Papin* من ثمار نبات الباباظ *Carica papaya*.

البلورات

Crystals

البلورات هي نفايات عن عمليات التحول الغذائي في النبات، توجد مرتسبة في خلايا كثير من النباتات على هيئة بلورات تتنوع أشكالها وأحجامها وتركيبها الكيميائي. قد تحتوى جميع أجزاء النبات على بلورات، غير أنها تكثر في بعض المناطق مثل النخاع والقشرة واللحاء والخشب. توجد البلورات في مستبلازم الخلية أو الفجوة العصارية، أو في تجاويف الخلايا غير الحية. وأحيانا توجد في جدر الخلايا أو معلقة في وسط الخلية على بروتات من الجدار.

وتكون البلورات صغيرة أو كبيرة لدرجة تملأ حيز الخلية الحاوية لها، وقد تغير من شكلها. عادة يوجد نوع واحد من البلورات في الخلية. قد تكون البلورات فردية أو في مجموعات من عدد منها.

وترتكب معظم البلورات من مواد غير عضوية، وأكثرها شيوعا أملاح الكالسيوم مثل أكسالات الكالسيوم التي توجد في نباتات معظم العائلات. وبلورات السيلكا التي يكثر وجودها في جدر خلايا نباتات العائلة النجيلية في السيقان والأوراق. وهناك بلورات من مواد عضوية مثل الكاروتين والسابونين.

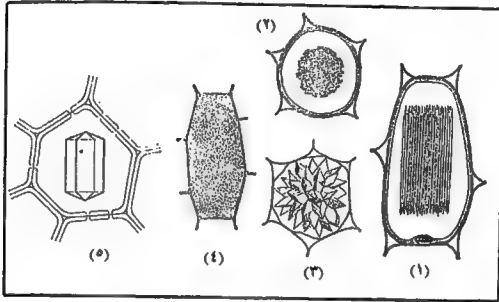
(١) بلورات أكسالات الكالسيوم

وهي أكثر البلورات شيوعا في النبات، تنشأ داخل الفجوة العصارية للخلية وتزداد في الحجم لدرجة تشغل معظم فراغ الخلية. قد توجد هذه البلورات بحالة فردية في الخلية كما في الاتل *Tamarix* وقلف شجرة الجراد *Robinia*. وقد تكون هذه البلورات صغيرة جدا وبأعداد كبيرة فتشبه حبيبات الرمل. وتستخدم مصطلحات معينة يعبّر بها عن الصور التي توجد عليها البلورات:

١ - البلورات الأبرية "Raphide" Acicula Crystals

وهي بلورات رفيعة، طويلة ذات أطراف مدببة، توجد متجمعة في حزم، أكبر بلوراتها الوسطى. والخلايا الحاوية لهذه البلورات تكون بارنكيمية، رقيقة الجدر، ذات مواد مخاطية كما في البارنكيميا الاختزانية للسيقان الأرضية وأنسجة النباتات المائية.

هذه البلورات توجد أيضا في ذوات الفلقة الواحدة كما في الدراسينا *Dracaena* وأعناق أوراق نباتات العائلة القلقاسية *Araceae* والحميض *Rumex* (شكل ٤٧).



(شكل ٤٧): يوضح أشكال بلورات اكسالات الكالسيوم.
(١، ٢) بلورات أبرية. (٣) بلورات نجمية. (٤) بلورات سليكا. (٥) بلورات منشورية.

ب - البلورات المنشورية Prismatic Crystals

وهي بلورات منشورية الشكل (شكل ٤٧)، كثيرا توجد بحالة فردية في الخلية كما في الاثل *Tamarix*. وأحيانا تحاط البلورة بغلاف سيلولوزي يلتحم كليا أو جزئيا مع جدار الخلية.

ج - البلورات النجمية Rosette Crystals "Droses"

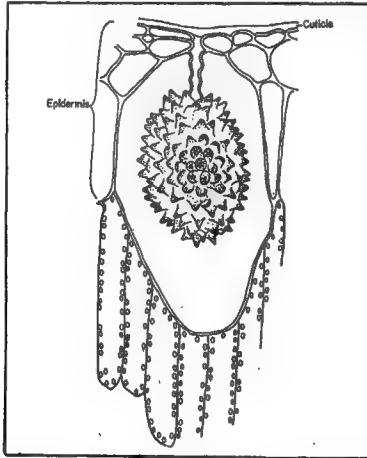
وهي بلورات متشعة، كثيرة التواءات أحيانا، يحتوى الجزء الأوسط منها على مادة عضوية. والبلورة الناضجة تحاط بغلاف سيلولوزي يصلها بجدار الخلية الحوية لها. وعادة تنشأ هذه البلورات من تجمع عدة بلورات صغيرة متقاربة في الطول، (شكل ٤٧)، ترتب حول مركز واحد وتشتق منه، وبذلك يظهر محيطها مستنا. وتكثر هذه البلورات في ساق نبات العنب *Vitis* والتين الشوكى *Opuntia* وأوراق نبات الدفلة *Nerium* والكافور *Eucalyptus*.

(٢) بلورات كربونات الكالسيوم

أحيانا توجد كربونات الكالسيوم في صورة بلورات ذات شكل محدد، يعرف أشهر تراكيبها باسم الحويصلة الحجرية *Cystolith* وهي عبارة عن تركيب بلورى يوجد في خلايا الطبقة الخارجية للبشرة المتضاعفة *Multiple Epidermis* لعدد قليل من العائلات

النباتية مثل التوتية Moraceae كما في التين المطاط *Ficus elastica* وتوجد أيضا في العائلة الحريقية *Urticaceae* كما في شعيرات البشرة لنبات حشيشة الدينار *Humulus lupulus* والعائلة القرعية *Cucurbitaceae* كما في جنس *Mimordica*.

وتتميز الخلية التي تنشأ فيها الحويصلة الحجرية بسيتوبلازم كثيف ونواة كبيرة. تزداد هذه الخلية في الحجم وتتسع لدرجة كبيرة يجعلها تمتد حتى النسيج المتوسط في الورقة. ويتبدل من الجدار الخارجي عنق طويل سليلوزي تترسب عليه بلورات من كربونات الكالسيوم، تكبر وتتجمع حتى تصبح في صورة عنقود العنب وتشغل معظم فراغ الخلية (شكل ٤٨). والجزء القمي من العنق بجوار الجدار يكون خال من البلورات. عادة تختلف شكل الحويصلة الحجرية باختلاف الجنس والعائلة. وكثيرا تحتوي الخلية الحويصلة *Lithocyst* وهي الخلية المحتوية على الحويصلة الحجرية على بروتوبلاست.

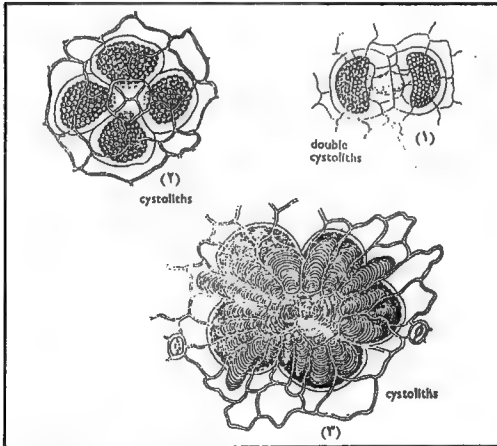


(شكل ٤٨): قطاع عرضي في نصل ورقة نبات التين المطاط يوضح البشرة المتضاعفة، حيث تكون في إحدى خلاياها الخارجية حويصلة حجرية. لاحظ خلايا النسيج المعادي والتي تحتوي على بلاستيدات خضراء.

وفي العائلة القرعية Cucurbitaceae توجد الحويصلات الحجرية في كثير من الأجناس (شكل ٤٩). وقد توجد بلورة واحدة في كل من خليتين متجاورتين، وعنق كل بلورة يخرج من الجدار المشترك للخليتين. وقد توجد تجمعات بلورية في عدد من الخلايا المتجاورة كما في جنس *Mimordica*.

مركبات أخرى هامة

على الرغم من أن الكربوهيدرات والبروتينات والزيوت والدهون وغيرها تؤلف جزءا كبيرا من المحتويات غير الحية في الخلية، فإنه توجد مواد أخرى بكميات قليلة في الخلية مثل الفيتامينات والكلوروفيلات والكاروتينات وغيرها، ولا مجال لدراستها في هذا المؤلف.



(شكل ٤٩): حويصلات حجرية في أنواع مختلفة من جنس بلسان من العائلة القرعية (١) زوج من الحويصلات، (٢)، (٣) تجمع من الحويصلات.

الفصل التاسع

THE CELL WALL

جدار الخلية

- منشأ وتكوين جدار الخلية
- تركيب جدار الخلية
 - التركيب الكيماوى للجدار
 - التركيب الدقيق للجدار
- نمو الجدار الخلوى
- المسافات البينية
- النقر
- ترتيب النقر في جدر الخلايا
- الروابط البلازمية

الفصل التاسع

جدار الخلية

THE CELL WALL

يعتبر جدار الخلية من أهم الصفات التي تتميز بها الخلية النباتية عن الحيوانية، ومع هذا فقليل جدا من خلايا مغطاه البذور يكون عديم الجدر مثل الخلايا التناسلية. ويقوم سيتوبلازم الخلية بتكوين هذا الجدار ليحيط به ويحميه. من الوظائف الرئيسية للجدر الخلوية مايتأتى:

- ١ — يحيط بالبروتوبلاست ويحميه، ويحدد شكل الخلية ووظيفتها.
- ٢ — يتكون عن الجدر الخلوية هيكلًا مترابطًا بجسم النبات يحفظ الشكل العام للنبات وأعضائه.
- ٣ — الوحدات الناقلة للماء عبارة عن جدر خلوية، كما أن الألياف التي تدعم جسم النبات هي أيضا جدر خلوية فقدت خلاياها محتوياتها الداخلية.
- ٤ — تقوم جدر بعض الخلايا بدور هام في عملية الامتصاص ونقل الذائبات وافتتاح الثغور.

وتتميز الجدر الخلوية بمرونة ومتانة تمكنها من مقاومة الشد والالتواء والضغط الذي تتعرض له دون أن تتكسر. ومعظم الجدر الخلوية مستقيمة وبعضها معرج والبعض الآخر مطوى جانبيًا، وتختلف الجدر الخلوية في تركيبها وسمكها، وهي عادة مسامية ولها القدرة على تشرب الماء. حينما ينشأ الجدر الخلوى يكون في أول الأمر رقيقًا ثم يزداد في السمك والاتساع خلال مراحل نمو الخلية نتيجة لبناء طبقات جديدة عن مواد جدارية تتكون من البروتوبلازم. عادة ينظر الى الجدر الخلوى بأنه تركيب غير حى، ومع هذا، فإن البعض يرى أنه تركيب حى قادر على النمو المستقل، رغم أنه ينمو فقط إذا جاوره البروتوبلازم الحى.

منشأ وتكوين جدار الخلية

تتكون الخلايا الجديدة نتيجة لعملية الانقسام الخلوي Cell division. هذا الانقسام لا يحدث في جميع أجزاء النبات، وإنما يكون مركزاً بصفة أساسية في مناطق محددة تسمى المرستيمات Meristems.

عملية الانقسام الخلوي غير المباشر Mitosis التي تحدث في الخلية المرستيمية ينتج عنها خليتان شقيتان كل منهما يشبه الخلية الأم. تتم هذه العملية على مرحلتين، الأولى تسمى انقسام النواة Karyokinesis والثانية تسمى انقسام السيتوبلازم Cytokinesis. وانقسام النواة عملية معقدة تتضمن تجزؤ الشبكة النووية إلى الكروموسومات المكونة لها والتي يكون كل منها مزدوجاً مكوناً من نصفيين طويلين متماثلين يسمى كل منهما كروماتيد Chromatid كما يتكسر الغلاف النووي ويتلاشى، كما تنحطم النوية Nuc-leolus وتختفي. والكروماتيدان الشقيقان، يكونان متجاوران على طول امتدادهما ويرتبطان معاً في منطقة تسمى السنترومير Centromere توجد عند أي جزء من جسم الكروموسوم، غير أن السنترومير بالنسبة للكروموسوم موقعه يكون ثابتاً. والسنترومير هو المسئول عن انتقال الكروموسومات في سيتوبلازم الخلية.

مع بداية الطور الثاني من انقسام النواة، ينشأ تركيب يشبه كرة متطاولة، مغزلي الشكل أو برميل، يسمى المغزل النووي Nuclear spindle يتركب من أنيبيات دقيقة بروتينية التركيب، بعضها يمتد بين قطبي المغزل بينما البعض الآخر يمتد من كل من القطبين حتى منطقة وسط المغزل فقط. هذه الأخيرة يمكن اعتبارها نصف ألياف المغزل Half-Spindle fibers. وخلال هذا الطور أيضاً تتحرك الكروموسومات إلى وسط المغزل وتلتصق، بواسطة السنترومير، بنصف ألياف المغزل أي الممتدة بين أحد قطبي المغزل حتى وسطه.

خلال الطور الثالث Anaphase يستكمل السنترومير انقسامه إلى سنتروميرين شقيقين، وبذلك يفصل كل كروماتيدان شقيقان، يمتد بعضها ويصبح كل منهما كروموسوماً مستقلاً. تأخذ كل من مجموعتي الكروموسومات في التحرك نحو أحد قطبي المغزل نتيجة لتقلص الألياف المتصلة بها. وتتوقف هذه الحركة حينما تصل الكروموسومات الشقيقة إلى قطب المغزل.

خلال الطور النهائي لانقسام النواة Telophase ينشأ غلاف نووي جديد حول كل من مجموعتي الكروموسومات، كما تنشأ أيضاً النوية، وبذلك تتكون نواتان من النواة الأم.

في الغالبية العظمى من النباتات، يبدأ انقسام السيتوبلازم بعد أن يتم تكوين النواتان الشقيقتان، وذلك بتكوين غشاء يسمى الصفيحة الخلوية Cell plate، لالتئام أن تحوّل إلى صفيحة وسطى Middle lamellae. وتنشأ الصفيحة الخلوية في وسط منطقة أستواء المغزل بين النواتين الشقيقتين. في البداية تتجمع أجزاء من الشبكة الاندوبلازمية وعديد من الريبوزومات والأنبيبات الدقيقة Microtubules والميتوكوندريا في منطقة أستواء المغزل. وتظهر أيضا خيوط جديدة من ألياف المعزل تمتد بين النواتين الشقيقتين في وسط الخلية.

وأجزاء الشبكة الاندوبلازمية المتجمعة في منطقة أستواء المغزل تأخذ في التفرع ويتكون عنها وعن ألياف المغزل، الممتدة بين النواتين، تركيب برميلي الشكل يسمى الحجاب الخلوي Phragmoplast. يلعب هذا الحجاب الخلوي دورا هاما في تكوين الصفيحة الخلوية، وينشأ في وسط منطقة ألياف المغزل ويأخذ في الاتساع جانبا فجي اتجاه الجدر الجانبية للخلية الأم. وفي أثناء ذلك تتجمع أعداد كبيرة من حويصلات دقيقة في وسط منطقة الحجاب الخلوي يتراوح قطرها بين ٢٠٠-٥٠٠ أنجستروم، تمثل أجزاء انفصلت عن حواف الديكتيوسومات تحتوى على مواد يبنى منها جدار الخلية. ويبدو أن هذه الحويصلات تواجدت في هذه المنطقة بتوجيه من الأنبيبات الدقيقة Microtubules.

ويؤدي تلاصق حويصلات الديكتيوسومات واتحامها معا على امتداد الخط الأوسط للحجاب الخلوي إلى تكوين تركيب غشائي يسمى الصفيحة الخلوية Cell plate، يبدأ ظهورها في الوسط وتوسع تدريجيا في اتجاه جوانب الخلية حتى تلتحم مع جدر الخلية الأم.

باستكمال الصفيحة الخلوية، يبدأ الحجاب الخلوي في الاختفاء تدريجيا حتى يختفى تماما، وتتركب الصفيحة الخلوية، بصفة أساسية، من مواد بكتينية غروية، وتنشأ من حويصلات الديكتيوسومات وألياف المغزل، في الفراجهولاست. تنفذ من الصفيحة الخلوية عدة أشرطة سيتوبلازمية غشائية تتكون عنها الروابط البلازمية Plasmodesmata.

عندما يتم تكوين الصفيحة الخلوية، يكون السيتوبلازم قد انقسم إلى جزئين متقاربين في الحجم يحتوى كل منهما على نواة، ويصبح كل من السطحين الجديدين للسيتوبلازم غشاء بلازميا يتصل بالغشاء البلازمي للخلية الأم.

ونتيجة لترسيب المواد البكتينية في الصفيحة الخلوية، وحدث تغيرات فيها، تتحول هذه الصفيحة إلى تركيب جامد يسمى الصفيحة الوسطى Middle lamellae وترتكب

أساسا من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم وتحتوى على لوفيات سليولوزية. بعد هذه المرحلة، يقوم كل من البروتوبلاستين الجديدين بترسب طبقات أخرى من لوفيات السليولوز والمواد البكتينية على سطحي الصفيحة الوسطى. هذه الطبقات الجديدة تمثل الجدار الابتدائي Primary wall. وعادة لا ينشأ الجدار في الخلية المنقسمة في نفس مستوى جدار الخلية المجاورة.

بعد أن تستكمل الخلية الجديدة نموها في الحجم، يقوم البروتوبلاست في كثير من أنواع الخلايا بترسب طبقات جديدة من لوفيات السليولوز ومواد أخرى غير سليولوزية على الجدار الابتدائي يتكون منها مع الجدار الثانوي Secondary wall.

تركيب جدار الخلية

الجلد الخلوي أما أن تكون رقيقة أو سميكة، وهي ذات تركيب معقد (شكل ٥٠)، وتتركب في كثير من أنواع الخلايا من النباتات الزهرية من ثلاث طبقات تختلف عن بعضها في تركيبها وصفاتها. هذه الطبقات هي الصفيحة الوسطى، والجدار الابتدائي والجدار الثانوي. وجميع الخلايا ذات صفيحة وسطى وجدار ابتدائي، غير أن الجدار الثانوي لا يوجد إلا في أنواع معينة من الخلايا مثل الألياف والقصبيات وعناصر الأوعية.

Middle Lamellae

١ - الصفيحة الوسطى

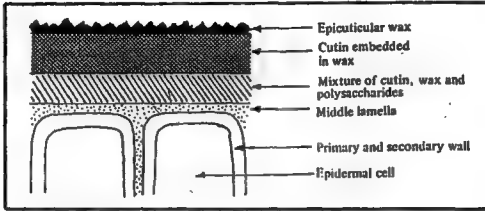
وهي المادة البينية التي تلحم مع الجدارين الابتدائيين المتجاورين، ولهذا تؤدي أذايتها بالمواد الكيماوية، إلى تفكك خلايا الأنسجة. تتركب الصفيحة الوسطى بصفة أساسية من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم. وتظهر في حالة غير متبلورة تحت المجهر، والعلاقة بين الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي ليست واضحة تماما، وأن كان يحتمل أن تتشعب الصفيحة في الجدار الابتدائي إلى حد ما مكونة دعامة بنية، وفي الخلايا ذات الجلد الثانوية مثل الألياف والاسكريدات تتلجنن الصفيحة الوسطى والجداران الابتدائيان المتلاصقان.

Primary Wall

٢ - الجدار الابتدائي

وهو الجدار الأول الذي يكونه بروتوبلاست الخلية على جانبي الصفيحة الوسطى وهو عبارة عن طبقة واحدة تتركب أساسا من السليولوز ويختلط به مقادير متفاوتة من الهيميسليولوزات والمواد البكتينية، يبلغ مقدارها حوالي ٧٠٪ من الوزن الحى للجدار. ويمثل الماء جزءا هاما في الجدار الابتدائي قد يصل إلى حوالي ٩٠٪.

والجدار الابتدائي مرن، له القدرة على الزيادة في الرقعة السطحية لكى يتواءم مع



(شكل ٥٠): رسم تخطيطي يوضح تركيب الأدمة والجدر الخلوية كما تظهر في قطاع عرضي في ورقة.

نمو الخلية اليافعة حتى مراحل التضج، وقد يزداد أيضا في السمك بدرجة ملحوظة. أحيانا يقوم بروتوبلاست الخلية بترسيب مواد مختلفة على الجدار الابتدائي مثل السوبرين والكيوتين. وتنتشر بالجدار الابتدائي مناطق رقيقة تسمى الرقعات النقرية الابتدائية Primary Pit fields تمتد خلالها تجمعات من روابط بلازمية Plasmodesmata. والجدار الابتدائي يكون رقيقا في الخلايا المرستيمية والبارنكيمية، يتراوح بين ١-٣ ميكرون في السمك، وأحيانا يكون سميكاً كما في الخلايا الكولنكيمية وخلايا اندوسپرم بعض البذور مثل البصل ونخيل البلع. وإذا كان الجدار الابتدائي سميكاً فإنه يكون في صورة طبقات متتالية. وبصفة عامة، يقترن وجود هذا الجدار بالخلايا الحية.

كما يتميز الجدار الابتدائي بمرونة وقدرة على الاتساع، فإنه يتميز أيضا بإمكان حدوث تغيرات عكسية فيه من ناحية السمك. هذه الصفة تمثل إحدى العوامل التي تجعل كثير من الخلايا البالغة تعادو النمو أو الانقسام عندما تكون مهياة لذلك. ومواد الجدار الابتدائي لا تبقى طوال حياة الخلية بدون تغيير، بل تهدم وتحل مواد أخرى جديدة محلها، الأمر الذي يؤدي إلى استبدال مادة جدار الخلية الحية عدة مرات في فترة حياتها.

والمرونة العالية التي يتميز بها الجدار الابتدائي ترجع إلى احتوائه على كمية من السليلوز غير المتبلور، وإلى المسام الشعرية الدقيقة التي تكون ممتلئة بالمركبات البكتينية المحبة للماء.

ويوصف الجدار الابتدائي بأنه فعال ضوئياً Anisotropic ولهذا يسهل مشاهدته بواسطة المجهر، أما الصفيحة الوسطى فإنها غير فعالة ضوئياً Isotropic ولهذا يصعب

رؤيتها بواسطة المجهر .

Secondary Wall

٣ - الجدار الثانوي

عندما تبلغ بعض أنواع الخلايا حجمها النهائي ويتحدد شكلها، أى بعد توقف الجدار الابتدائي عن الزيادة في الرقعة السطحية، يقوم البروتوبلاست بترسيب جدار آخر على السطح الداخلى للجدار الابتدائي، يعرف بالجدار الثانوي. غالبا يقترن وجود الجدار الثانوي بالخلايا التي فقدت بروتوبلاستها عند النضج، مثل القصبيات Tracheids وعناصر الأوعية Vessel elements وألياف اللحاء Phloem fibers.

والجدار الثانوي أكثر سمكا من الابتدائي، يتراوح بين ٥ - ١٠ ميكرون في السمك، وهو جامد وصلب، لايزداد في الرقعة السطحية. وترجع صلابة هذا الجدار لاحتوائه على كميات كبيرة من السيليلوز المتبلور. وهذا الجدار زائد التعميد، غير متجانس التركيب، فهو يتربك من ثلاث طبقات غالبا، الطبقتان الخارجية والداخلية تكونان عادة رقيقتان، بينما الوسطى سميكة. وقد يتربك الجدار الثانوي من عدة طبقات كما في ألياف نبات البامبو Bamboo حيث يتربك من ٧ - ٨ طبقات.

يمثل السيليلوز المادة الأساسية للجدار الثانوي غير أن الهيميسيليلوزات تكون نسبيا أقل مما هي عليه في الجدار الابتدائي. ويتربسب في الفراغات الدقيقة في الجدار الثانوي مواد غير سيليلوزية مثل الكيوتين واللجنين والسوبرين. والسيليلوز واللجنين يكونان متداخلان معا بإحكام، وأى من المادتين يمكن اذابتها تاركا الهيكل المتكون من المادة الأخرى. والطبقة الداخلية من الجدار الثانوي تكون عادة غير ملجننة. والجدار الثانوي فعال ضوئيا. وقليلًا يكسو الجدار الثانوي جميع سطح الجدار الابتدائي. وفي العناصر الوعائية للخشب يكون الجدار الثانوي غير كامل اما في صورة حلقات منفصلة، أو أشرطة حلزونية، أو قصبان وغيرها، وفي جميع الحالات، تترك مناطق أغشية النقر بدون تغليظ.

Chemical Structure of Cell Walls

التركيب الكيميائي لجدار الخلية

الجدار الخلوي معقد التركيب، وتختلف الجدر الخلوية في تركيبها وشكلها تبعاً لنوع الخلية وتخصصها. والسيليلوز Cellulose هو المادة الأساسية في تركيب الجدر الخلوية في مظلة البلور. والسيليلوز يكسب الجدر الخلوية متانتها الفعلية ضد الشد.

تتركب الصفيحة الوسطى Middle lamellae أساسيا من مواد بكتينية، وخليط من بكتات الكالسيوم والمنسيوم. والجدار الابتدائي يتربك بصفة أساسية من السيليلوز، ويحتوى على مقادير مختلفة من الهيميسيليلوزات والمواد البكتينية التي يبلغ مقدارها حوالى

٧٥٪ من الوزن الحى للجدار.

السليلوز يمثل الهيكل الرئيسى أيضا للجدر الثانوى ويشترك معه مقادير متفاوتة من اللجنين أو الكيوتين. ويعتبر اللجنين Lignin مكونا رئيسيا في جدر عناصر الخشب الوعائية الناقلة للماء، وأهم المواد التي توجد متداخلة مع السليلوز فيها. قد يصل مقدار اللجنين في هذه العناصر الى حوالى ٣٠٪ من وزن الجدار. ويوجد اللجنين في جدر خلايا الألياف، وخلايا الفلين. ويبدأ ترسيب اللجنين في الصفيحة الوسطى عند انتهاء فترة نمو الخلية، ثم في الجدار الابتدائى ويلبها الجدار الثانوى.

ويترسب اللجنين في المسام الشعرية الدقيقة بين جزيئات السليلوز في صورة تركيب شبكى. والصفيحة الوسطى في الجدر الخلوية المحتوية على لجنين تكون هى أكثر أجزاء الجدار احتواء على تلك المادة. والجدر الملجننة تشرب الماء وتحفظ بكمية قليلة منه.

واللجنين مادة فينولية عضوية جامدة، ذات محتوى عال من الكربون، معقدة التركيب، غير متبلورة. ويؤدى وجود اللجنين في جدر الخلايا الى زيادة مساهمتها وصلابتها، وقدرتها على مقاومة الضغوط التي تتعرض لها ويحمى لوفيات السليلوز من التجعد أو التمزق. وعملية ترسيب اللجنين في جدر الخلايا تسمى التلجنين- Lignification وتبدأ في الصفيحة الوسطى وتمتد الى الجدار الابتدائى ثم الثانوى.

والكيوتين Cutin يوجد مرتبطا مع السليلوز في الجدر الخارجية لخلايا بشرة أعضاء النبات الهوائية، مثل الأوراق والسيقان الغضة والثمار، وفي حراشيف البراعم. وترسيب الكيوتين في الجدر الخلوية يسمى التكوين Cutinization. وعادة، الكيوتين يتكون عنه طبقة خارجية على الجدر الخارجية لخلايا بشرة الأعضاء الهوائية تسمى الأدمة Cuticle. والوظيفة الرئيسية للأدمة تتركز في تقليل فقد الماء من الأنسجة الداخلية، وربما تقى طبقات القشرة التي تقع تحت البشرة من العوامل البيئية.

والأدمة تتركب بصفة عامة من طبقة خارجية من الشمع والذي يكون كثيرا متبلورا في صور مختلفة. يلى هذه الطبقة السطحية أخرى من كيوتين مطمور في الشمع. والطبقة الداخلية من الأدمة تتركب من مخلوط من الكيوتين والشمع وسكريات عديدة وربما كميات ضئيلة من البروتين. وفي بعض الأحيان يزداد سمك الأدمة بدرجة كبيرة وتبعد قليلا عن سطح خلية البشرة وتتصل بجدار الخلية بواسطة نواءات كيوتينية رقيقة. ويترسب الكيوتين أيضا في صور طبقة رقيقة تغلف جدر خلايا النسيج المتوسط للورقة التي تواجه الفراغات الهوائية للغفور. تعتبر هذه الطبقة الأخيرة امتدادا لطبقة الأدمة التي توجد على البشرة.

في بعض النباتات، تتكون ترسيبات من الشمع على سطح أدمة بعض الأعضاء

الهوائية مثل الأوراق والثمار والسيقان . هذه الترسبات الشمعية تكون في صورة حبيبات متجمعة أو قصبان أو طبقات . أحيانا يكون هذا الشمع ذات قيمة اقتصادية مثل شمع كارنوبا *Carnauba wax* الذي يوجد في صورة طبقات على سطوح الأوراق الصغيرة لنبات نخيل الشمع البرازيلي *Copernicia cerifera* . تتميز ثمار شجرة *Myrica cerifera* بترسيب الشمع في طبقات تفرزها شعور غدية على سطح الثمرة .

والسوبرين *Suberin* يشبه الكيوتين لدرجة كبيرة في كثير من صفاته . يوجد السوبرين مرتبطا مع السليلوز في جدر خلايا الفلين ، والاندودرمس *Endodermis* وكذلك الاكسودرمس *Exodermis* في الجذر .

الجدر المسوبر *Suberized walls* غير منفذة للماء والغازات ، وحينما توجد في وضع خارجي بجسم النبات فلها تفيد في تقليل النتج . وعملية ترسيب السوبرين في الجدر الخلوية تسمى التسوبر *Suberization* .

يوجد الدباغ *Tannin* في جدر خلايا بعض الأنسجة مثل الخشب الصممي *Heart wood* والفلين *Cork* وفي قصرة بعض البذور . وخشب شجرة القسطل *Castanea de-ntata* يحتوى على حوالى ٣٠-٤٠٪ دباغ ، وهى المستولة عن تحول الخشب العصيري *Sap wood* الى صممي *Heart wood* .

وتحتوى الجدر الخلوية أحيانا على مواد مخاطية كما في الجدر الخارجية لكثير من النباتات المائية ، وفي الجدر الخارجية لقصرة بذور بعض النباتات كما في الكتان ، كما توجد أيضا في بعض الشعور الغدية .

ويوجد الكالوس *Callose* في حالات قليلة في خلايا مغطاه البذور . وهو يغلف الصفائح الغربالية *Sieve Plates* في الأنابيب الغربالية *Sieve tubes* وفي الجدر الخلوية للخلايا الحويصلة *Lithocysts* . كما وجدت هذه المادة في حبوب اللقاح وأنابيب اللقاح *Pollen tubes* . وكثيرا ما تحتوى الجدر الخلوية لبعض النباتات على أملاح غير عضوية مثل سليكات و كربونات الكالسيوم . كما توجد ترسبات غير عضوية في جدر شعور نباتات العائلة القرعية *Cucurbitaceae* . وتزداد السليكا بدرجة واضحة في جدر بعض خلايا بشرة أوراق نباتات العائلة النجيلية *Poaceae* والسعدية *Cyperaceae* وتسمى خلايا السليكا *Silica Cells* . في بعض العائلات من ذوات الفلقتين مثل التوتية *Moraceae* والحريقية *Urticaceae* تترسب كربونات الكالسيوم في صورة حويصلات حجرية *Cystoliths* .

وأوضحت الأبحاث أن الجدر الخلوية تحتوى على بروتينات تتراوح بين ٥-١٠٪ من وزن الجدار ، لاسيما جدر الخلايا النامية . تتضمن هذه البروتينات أنواع من الانزيمات

بالإضافة إلى مركبات بروتينية أخرى. ويمثل الماء جزءاً هاماً من مكونات جدر الخلايا. أما التغيرات في مقدار الماء فتؤدي إلى حدوث تغيرات في مدى تلاصق جزيئات السليلوز وحشوة الجدار. وحينما يتوقف الجدار الخلوي عن النمو، يمتلئ حيز الماء باللجنين أو غيره ويصبح الجدار قوياً.

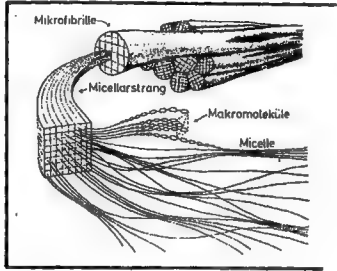
التركيب الدقيق لجدار الخلية

The Submicroscopic Structure of the Cell Wall

يتركب جدار الخلية، الابتدائي أو الثانوي، في مقطعة البذور من هيكل معقد من السليلوز مطموراً في حشوة غير سليلوزية مسامية. أوضح المجهر الإلكتروني أن جزيئات السليلوز، في جدار الخلية، توجد في هيئة سلاسل غير متفرعة، تتألف الواحدة منها من تكثيف عدة مئات من جزيئات سكر الجلوكوز. وسلاسل الجزيئات السليلوزية مختلفة الطول، فقد تكون طويلة تحتوي الواحدة منها على أكثر من خمسة آلاف جزيء جلوكوز، أو قصيرة يصل عدد الجزيئات فيها إلى حوالي ١٠٠٠ جزيء جلوكوز.

وسلاسل جزيئات السليلوز تكون في بعض مناطق الجدار متوازية بدرجة كبيرة وفق نظام دقيق متناسق وعلى مسافات متساوية من بعضها الأمر الذي يكسب السليلوز فيها مظهراً بللورياً، وفي مناطق أخرى تكون السلاسل أقل انتظاماً وتناسقاً مكونة مناطق غير بللورية في جدار الخلية، وبذلك فإن جزيء السليلوز يوجد جزء منه في منطقة متبلورة، بينما جزء آخر في منطقة غير متبلورة، ثم في أخرى متبلورة وهكذا. والانتقال من منطقة إلى أخرى يكون تدريجياً. ويتضح من ذلك أن جدار الخلية عبارة عن تسييج من سلاسل جزيئات السليلوز تختلف درجة توازنها ومظهرها البللوري من جزيء إلى آخر في جدار الخلية. ومقدار السليلوز المتبلور وغير المتبلور يتفاوت بدرجة كبيرة في جدار الخلية. ففي جدر خلايا الألياف، مثلاً، وجد حوالي ٩٠٪ من السليلوز متبلوراً، بينما في الخلايا الفتية يمثل السليلوز المتبلور جزءاً صغيراً.

التجمعات البللورية لجزيئات السليلوز في جدار الخلية تسمى الميسيلات Miscelles وهي الوحدات التركيبية الأساسية لهيكل جدار الخلية (شكل ٥١). والميسلة عبارة عن حزمة من حوالي ١٠٠ - ١٧٠ من سلاسل جزيئات السليلوز، ترتب فيها معاً بالتوازي، وأن الجزء من سلاسل السليلوز في الميسلة الواحدة يتألف من حوالي مائة جزيء على الأقل من سكر الجلوكوز. والميسيلات تنفصل عن بعضها طويلاً بمناطق سليلوزية غير متبلورة. وبعض سلاسل جزيئات السليلوز تكون طويلة تتعدى حدود الميسلة وتتداخل مع ميسيلات أخرى مكونة جهازاً متناسكاً مسامياً يسمى النظام الميسيل Micellar system.



(شكل ٥١): يوضح التركيب الدقيق لجدار الخلية النباتية.

ولقد أوضح المجهر الإلكتروني أن الميسيلات تتجمع في أشرطة دقيقة قطر الواحد منها حوالي ٦٠ أنجستروم تسمى شرائط الميسيلات Micellarstrands. ويتجمع حوالي ١٥-٢٠ من شرائط الميسيلات معا في حزمة سليلوزية دقيقة تسمى اللويفة الدقيقة - Microfibril قطرها حوالي ٢٠٠-٣٠٠ أنجستروم. وكثيرا ما كان طولها عدة ميكرونات، ويحتوى مقطعها العرضي على عدة مئات من جزيئات السليلولز. فئات. الرامى Bohmeria nivea مثلا، تحتوى اللويفة الدقيقة فيه على حوالي ٢٠٠٠ جزيء سليلولز. واللويفات الدقيقة يتكون عنها الهيكل السليلولزى الشبكي لجدار الخلية. واللويفات الدقيقة تتجمع في وحدات أكبر تسمى اللويفات الكبيرة Macrofibrils قطر الواحدة منها حوالي ٤ ميكرون، ولهذا يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئى بينما لا ترى اللويفة الدقيقة إلا بالمجهر الإلكتروني (الميكرون = 0.001 Micron من المليمتر = ١٠٠٠٠ ر. أنجستروم Angstrom (A)).

وتوجد مسام بين الميسيلات وبعضها البعض. هذه المسام دقيقة جدا فلا تسمح إلا بمرور السوائل والتي أهمها الماء. والفراغات بين اللويفات الدقيقة وبعضها وكذلك بين اللويفات الكبيرة وبعضها يتكون عنها جهازا مساميا شعريا Capillary system تحتوى على المواد البكتينية والهيميسليلولزات والشموع والكيوتين والسيورين وحتى السليكا وغيرها من المركبات غير العضوية مثل اكسالات الكالسيوم وغيرها تبعاً لنوع الجدار. ورغم أن الفراغات الدقيقة Interstices بين التراكيب السليلولزية المختلفة تكون ممتلئة بمواد غير سليلولزية، فإن الجدر الخلوية تظل مسامية تمر من بينها السوائل. ولقد وجد

أن السليلوز واللجنين في الجدر الثانوية يكونان متداخلان معا بإحكام، ويمكن اذابة أى منهما ليترك هيكلا متميزا من المادة الأخرى.

فشعر القطن Cotton lint يحتوى على حوالى ٩١٪ سليلوز بينما ألياف الكتان يتراوح السليلوز فيها بين ٧٥-٩٠٪ والباقي لجنين.

ترتيب اللويقات الدقيقة في جدار الخلية

تنوع نظم ترتيب لويقات السليلوز في جدار الخلايا بدرجة كبيرة، وحتى في جدر خلايا نفس النسيج، وكذلك في الطبقات المختلفة لجدر نفس الخلية. وعادة تكون اللويقات في الجدار الابتدائي كثيرة التقاطع مع بعضها في شكل شبكى. أما في الجدر الثانوية ذات الثلاث طبقات مثل جدر الأوعية، والقسيبيات والألياف، فيختلف ترتيب اللويقات من طبقة الى أخرى. ففي طبقتي الجدار الخارجية والداخلية تكون اللويقات متوازية في نظام حلزوني، وعمودية على المحاور الطويلة للخلية. أما في الطبقة الوسطى من الجدار الثانوي فإن اللويقات تكون موازية للمحور الطويل للخلية أو مائلا قليلا عنه.

Growth Of The Cell Wall

نمو الجدار الخلوى

خلال مراحل تطور الخلية المرستيمية، ذات الجدر الرقيقة، الى أخرى بالغة، تحدث فيها تغيرات في الحجم والشكل وصفات البروتوبلاست وطبيعة الجدار. وأثناء المراحل المبكرة لازدياد الخلية في الحجم، تكون الزيادة في الرقعة السطحية لجدر الخلية الابتدائية كبيرة. أما حينما تستكمل الخلية نموها في الحجم، تتوقف الزيادة في الرقعة السطحية لتبدأ الزيادة في السمك لتكوين الجدر الثانوية. وعادة تحدث الزيادة في الرقعة السطحية دون نقص ملحوظ في سمك الجدار الخلوى. لقد ظهر أن بروتوبلازم الخلية يقوم ببناء لويقات سليلوزية جديدة وغيرها من مواد الجدار الخلوى، تتداخل في الفراغات الشعرية الدقيقة للهيكل السليلوزى الشبكي في الجدار، حتى تعوض ما ينقص من سمكه نتيجة لزيادته في الرقعة السطحية. وتعرف هذه العملية بالتدخل أو التغفل Intussusception وهى الوسيلة الأساسية في بناء الجدر الخلوية عند مرحلة اتساعها في الرقعة السطحية.

ولقد اتضح عدم تماثل الجدر المختلفة لنفس الخلية في الزيادة في الرقعة السطحية، فغالباً تنمو الخلية في الطول بدرجة أكبر من نموها في القطر، وتستمر أطراف بعض الخلايا في النمو، متوغلة بين غيرها من الخلايا بينما تتوقف الأجزاء الأخرى عن النمو، كما هو الحال في الألياف، والشعيرات الجدرية التي يحدث فيها النمو في الطول عند أطرافها. وقد تكون الخلية الجديدة متشعبة اذا كان النمو موضعيا في ثلاث مناطق أو أكثر.

خلال عملية الزيادة في الرقعة السطحية، تتباعد الرقعات النقرية الابتدائية Prim-ary pit-fields عن بعضها فتزداد في المساحة ثم تتجزأ نتيجة لترسيب مكونات جدارية على حقل النقرة. وقد تتجزأ أيضا خيوط البلازموديزماتنا Plasmodesmata.

ولقد أوضح المجهر الإلكتروني أن بناء مادة الجدار الابتدائي تحدث في مناطق محددة به تكون موزعة على امتداد سطحه. يقوم البروتوبلاست في هذه المناطق بإبعاد لويقات السليلوز السديقة فيها ويبنى مكانها أخرى جديدة، بالإضافة إلى المواد الجدارية الأخرى، تملأ الفراغات الموجودة بين هذه اللويقات فتعوض بذلك ما ينقص من سمك الجدار نتيجة لتساعده.

والنمو في السمك يكون واضحا بدرجة كبيرة في الجدر الثانوية، حيث ترسب طبقات في تتابع زمني فوق سطح الجدار الابتدائي بعد أن يستكمل نمو الرقعة السطحية. وتعرف هذه العملية بالتراكم Apposition. يحدث التراكم في اتجاه تحجوف الخلية، وتتميز به خلايا الأنسجة المختلفة في النبات. قد لا تكون الزيادة في السمك متماثلة، فقد تبقى مناطق النقر رقيقة، أو يكون الترسيب في مناطق معينة كما في جدر الخلايا الكولنكيمية، وقد يأخذ صورا مختلفة في جدر الأوعية والقضيبات حيث تكون الزيادة في السمك في صورة حلقات أو حلزونات وغيرها.

وعملية التغلغل أو التداخل تحدث في بعض الجدر الابتدائية والثانوية بعد استكمال نموها في السمك كما في حالة تواجد بعض المواد الجدارية مثل اللجنين والكيوتين. من الظواهر المعقدة التي تستدعي الانباه والاهتمام في نمو الجدار الخلوى، ما يحدث عند إيجاد الاتصال بين الصفيحة الوسطى الجديدة، التي تتكون خلال مرحلة انقسام السيتوبلازم في عملية الانقسام الخلوى غير المباشر Mitosis والصفيحة الوسطى الواقعة خارج الجدار الابتدائي للخلية الأم المنقسمة في هذه العملية يحدث تكسر بجدار الخلية الأم، الابتدائي في مقابل الصفيحة الوسطى الجديدة، وتدرجيا يتم الاتصال بين الصفيحة الوسطى الجديدة ونظيرتها الواقعة بين الجدار الابتدائي للخلية الأم المنقسمة والجدار الابتدائي للخلية المجاورة.

المسافات البينية

Intercellular Spaces

الخلايا المرستيمية تكون عادة محكمة التركيب لا توجد بينها الفراغات التي تسمى المسافات البينية. وخلال مراحل تكشف مشتقات الخلايا المرستيمية إلى أنسجة متخصصة، تتكون مسافات بينية بين خلايا هذه الأنسجة. وتتوزع المسافات البينية في الشكل والاتساع وكثرتها العديدة من نسيج إلى آخر.

المسافات البينية الأكثر شيوعاً في النباتات مغطاة البذور تنشأ نتيجة لانفصال أجزاء معينة من الجدر المتلاصقة للخلايا المتجاورة، ولهذا تعرف بالمسافة البينية الانفصالية *Schisogenous intercellular space*. وعند عملية انقسام الخلية غير المباشر، الصفيحة الوسطى الجديدة، التي تقع بين الخليتين الشقيقتين الناتجتين عن انقسام الخلية الأم، تتسع جانبياً حتى تلامس الجدار الابتدائي الأصلي للخلية الأم. وعند موضع الملامسة، تظهر فجوة دقيقة يذوب في مقابلها جزء من الجدار الابتدائي للخلية الأم، وتتسع الفجوة تدريجياً حتى تصل في النهاية إلى الصفيحة الوسطى الفاصلة بين الجدار الابتدائي للخلية الأم المنقسمة والخلية المجاورة لها، مكونة مسافة بينية تشاهد مثلثة الشكل تقريباً في القطاع العرضي، وتبقى مادة الصفيحة الوسطى محددة للمسافة البينية. وإذا كانت هناك مسافة بينية مماثلة متكونة بين الخلية الأم وخلية أخرى مجاورة، فإن المسافة البينية الجديدة تندمج مع القديمة ليتكون عنها مسافة بينية واسعة. هذا، وقد تشترك أكثر من خليتين في تكوين مسافة بينية واحدة.

في المرستيمات، حيث الخلايا سريعة الانقسام، تتكون المسافة البينية الدقيقة بانغلاق الصفيحة الوسطى وتباعد الخلايا عن بعضها البعض. وفي النباتات المائية المغمورة تحت سطح الماء، تتكون فراغات هوائية انفصالية كبيرة ينشأ عنها جهاز يمتد كقنوات على طول السلاميات بين عقدة وأخرى. هذه الفراغات تنشأ مثل الفراغات الانفصالية العادية غير أنها تزداد في الاتساع نتيجة للانقسامات الخلوية التي تحدث عمودياً على محيط الفراغ الهوائي.

وقد تتحول بعض المسافات البينية الانفصالية إلى تراكيب متخصصة تعرف باسم القنوات الإفرازية *Secretory Ducts* تكون محاطة بطبقة من خلايا متخصصة في إفراز مواد معينة إلى تجويف القناة. تسمى هذه الخلايا المتخصصة بالخلايا الطلائية-*Epithelial cells* ومن أمثلة هذه التراكيب، القنوات الراتنجية في سيقان نباتات العائلة المركية، حيث تقوم الخلايا الطلائية بإفراز مادة الراتنج *Resin*، والقنوات الزيتية *Vittae* في ثمار نباتات العائلة الخيمية *Apiaceae* والتي يفرز فيها زيوت عطرية. والقنوات الزيتية في العائلة الخيمية موضعية محدودة الاتساع. والخلايا الطلائية الإفرازية هي خلايا بارنكيمي رقيقة الجدر، ذات سيتوبلازم كثيف، يكون محورها الطويل موازياً للمحور الطولي للقناة. تنشأ هذه القنوات بنفس الطريقة التي تنشأ بها الفراغات الهوائية في النباتات المائية المغمورة.

ويوجد نوع آخر من المسافات البينية يسمى المسافات البينية الانفراضية *Lysigenous intercellular space* تنشأ نتيجة لتكسر كل أو ذوبان خلية أو أكثر. عادة تملأ هذه

التجاويف بالزيت العطري الذي تكون في الخلايا وانطلق بعد تكسرها أو ذوبانها إلى التجويف. ومن أمثلة هذه التجاويف الافرازية مايوجد منها في أوراق وقشور ثمار الموالح Citrus مثل البرتقال والليمون وأوراق نبات الكافور Eucalyptus. هذه الفجوات ليست لها حدود من خلايا افرازية كما هو الحال في القنوات الراتنجية أو الزيتية، وتشاهد على حافتها بقايا الخلايا المتكسرة التي امتلأت بافرازاتها.

النقير

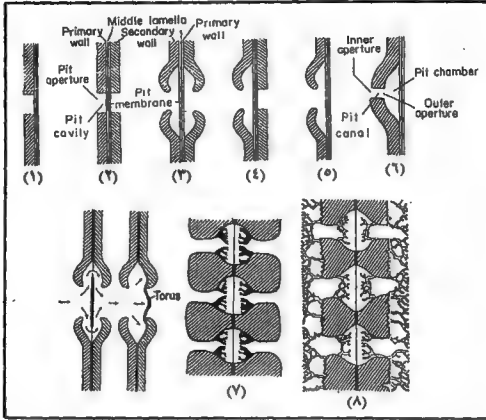
Pits

تميز الخلايا ذات الجدر الابتدائية، مثل الخلايا المرستيمية والبارنكيمية والمرافقة، بوجود انخفاضات دائرية بجدرها تسمى الرقعات النقرية الابتدائية Primary pit-fields. والجدار الابتدائي، في منطقة الرقعة النقرية، يكون رقيقا يمتد خلاله عديد من الروابط البلازمية. ولقد وجد أن الميكرون المربع في جدر خلايا قمة جذر البصل يحتوي على سبع رقعات نقرية.

الجدار الثانوي في خلايا النباتات الراقية يتميز عادة بوجود تجاويف صغيرة تسمى النقرة، تتنوع في شكلها وحجمها وتركيبها وعمقها. ولايطلق مصطلح النقر على التجويف الموجود في الجدار الثانوي فقط، وإنما يشمل أيضا الجدار الذي يحيط به. وتتكون النقر خلال مراحل تكشف الخلية، في مناطق الرقعات النقرية الابتدائية، حيث تنشأ نفرة أو أكثر في المنطقة الواحدة، كما تنشأ أيضا في مناطق الجدار التي لاتوجد بها رقعات نقرية. ومن ناحية أخرى، فقد يغطي بعض الرقعات النقرية بطبقات من الجدار الثانوي.

وعادة، توجد النقر في أزواج بجدار الخلية، فيقابل كل نفرة في جدار خلية ما، نفرة أخرى مكملة لها في جدار الخلية الملاصق، ويتكون عن النقرتين معا وحدة تركيبية ووظيفية تسمى النقرة الزوجية Pit pair. وتبعاً لذلك، تتألف النقرة الزوجية المضافوفة Bordered pit-pair من نقرتين مضافوفتين متقابلتين. وإذا قابلت نفرة مضافوفة أخرى بسيطة، فانها يولفان وحدة تسمى النقرة الزوجية نصف المضافوفة Half-Bordered pit-pair. أما النقرة الزوجية البسيطة Simple pit-pair فتتألف من نقرتين بسيطتين متقابلتين. وإذا وقعت النقرة في مواجهة مسافة بيئية، عرفت حينئذ باسم النقرة العمياء Blind pit. وأحيانا، توجد نقرتان أو أكثر صغيرتان في مواجهة نفرة واحدة، يسمى هذا التجمع بالنقير المركب أحادى الجانب Unilaterally compound pitting. وتركب النقرة من غشاء النقرة وتجويف النقرة، ولها فتحة تسمى فوهة النقرة (شكل ٥٢).

أ — غشاء النقرة Pit membrane وهو عبارة عن جزء النقرة الذي يحدد تجويفها، يتركب



(شكل ٥٧): يوضح تركيب النقر (١) نقرة بسيطة، (٢) نقرة زوجية بسيطة، (٣) نقرة زوجية مضفوفة، (٤) نقرة زوجية نصف مضفوفة، (٥، ٦) نقرتان مضفوفتان، لاحظ قناة النقرة والفتحتان الخارجية والداخلية، غرفة النقرة وغشاء النقرة مكونا من الصفيحة الوسطى والجدارين الابتدائيين. (٧، ٨) قطاع طولى في جدار وعائين متجاورين يوضح النقر المتفرعة.

من الصفيحة الوسطى والجدارين الابتدائيين للخليتين المتلاصقتين في منطقة النقرة، ولهذا فهو خال من طبقات الجدار الثانوى.

ب - تجويف النقرة Pit cavity: هو الحيز الواقع بين غشاء النقرة وتجويف الخلية.

ج - فوهة النقرة Pit aperture وهي فتحة تصل بين تجويف النقرة والخلية. وقد تكونت هذه الفتحة دائرية أو بيضاوية أو على هيئة شق. إذا وجدت قناة نقرية Pit Canal في النقرة المضفوفة، تصل بين تجويف كل من النقرة والخلية، تميزت فتحتان، أحدهما خارجية Outer Aperture تؤدي الى تجويف النقرة، والأخرى داخلية Inner Aperture تواجه تجويف الخلية.

أنواع النقر :

يوجد نوعان أساسيان من النقر هما :

١ - النقر البسيطة ٢ - النقر المصفوفة

Simple Pits

١ - النقر البسيطة

توجد هذه النقر بجدر الخلايا البارنكيمي بالخشب الثانوى، وفي ألياف اللحاء والاسكريدات. تتميز النقر البسيطة بأن الجدار الثانوى لا يتقوس فوق تجويف النقرة. قد يكون اتساع النقرة متاثلاً أو يقل أو يزداد في اتجاه تجويف الخلية. ولهذا، تظهر الجدر الجانبية لهذه النقرة، في القطاعات، اما متعامدة على الجدار الابتدائي أو قريبة من بعضها أو مائلة نحو الخارج.

وتجويف النقرة البسيطة لا يتميز الى غرفة وقناة النقرة، كما يحدث في النقرة المصفوفة، ويظل غشاء النقرة في موضعه بين النقرتين المتقابلتين. وتظهر فوهة النقرة البسيطة في المنظر السطحي مستديرة أو بيضاوية الشكل.

تتميز النقر البسيطة الموجودة في الاسكريدات ذات الجدر الثانوية السمكية بأن تجويف النقرة يكون على هيئة قناة Pit canal تمتد بين غشاء النقرة وتجويف الخلية، لها فتحة واحدة تفضى الى تجويف الخلية. قد تتلاصق نقرتان أو أكثر وتكونان قناة متفرعة ذات فوهة واحدة. وتعرف النقرة في هذه الحالة الأخيرة باسم النقر المتفرعة Ramiform pits.

ويوجد عادة مقابل النقرة البسيطة أخرى مثلها، ويتكون عن النقرتين معا وحدة مشتركة تسمى النقرة الزوجية البسيطة. ويفصل النقرتان عن بعضها غشاء النقرة.

Bordered Pits

٢ - النقر المصفوفة

وهذه النقر أكثر تعقيدا وتنوعا من النقر البسيطة. تتركز هذه النقر في جدر العناصر الناقلة للماء في نسيج الخشب، وهي الأوعية والقصبليات، وفي ألياف الخشب. وتتميز النقرة المصفوفة بامتداد الجدار الثانوى وتقوسه فوق غرفة النقرة Pit-chamber مكونا حافة مرتفعة تسمى ضفة النقرة Pit-border، وتظهر النقرة المصفوفة في المظهر السطحي كحلقة دائرية أو بيضاوية الشكل تحيط بحلقة أخرى أصغر منها تمثل فوهة النقرة.

في كثير من القصبليات وألياف الخشب يكون الجدار الثانوى زائد السمك. وفي هذه الحالات، يصبح تجويف النقرة مكونا من جزئين، غرفة النقرة، وقناة Pit Canal تصل ما بين تجويف الخلية وغرفة النقرة. توجد فتحتان لهذه القناة، احدهما خارجية مستديرة الشكل تفضى مباشرة الى غرفة النقرة. والفتحة الأخرى تكون داخلية تواجه تجويف

الحلية، وهي بيضاوية الشكل أو قد تكون مستطيلة ضيقة في صورة شق. وقد يصبح امتداد الفتحة الداخلية قريبا من حافة محيط غرفة النقرة، أو يصل الى حدود هذا المحيط وبذلك لا تكون هناك ضفة للنقرة. هذه الفتحات المتطاولة توجد فقط في حالة الجدر زائدة السمك، ولذلك تكون قناه النقرة على شكل قمع مضغوط، فتحتها الخارجية دائرية الشكل.

والفتحتان الداخليتان في النقرة الزوجية المضفوفة تكونان متقابلتان متقابلتان في الوضع إذا كانتا دائرية المحيط، أما إذا كانت الفتحتان مستطيلتان فانها يكونان متقاطعتين مع بعضهما. وربما ازداد اختزال حجم صفات النقر حتى لا يبقى غير نقر مزدوجة أشبه مانكون بالشقوق، ومثل هذه النقر غير قادرة على القيام بوظيفتها.

والنقر الزوجية المضفوفة ليست معقدة فقط في شكل تجويفها، وانما أيضا في تركيب وسلوك غشائها. في قصبيات خشب بعض عاريات البذور، يوجد جزء سميك قرصى الشكل في وسط غشاء النقرة يسمى التخت Torus يكون قطره أكبر من قطر فتحة النقرة (شكل ٥٢). يتركب التخت أساسا من السليلوز، ويكون محاطا بمنطقة حافية رقيقة. الجزء الرقيق من غشاء النقرة يحتوي على ثقبوب دقيقة جدا يبلغ قطرها حوالي ٣ ميكرون، فيظهر التخت كأنه معلق في وسط تركيب شبكي. ولقد أوضحت الدراسة بالمجهر الإلكتروني أن هذا الجزء الشبكي يتألف من لويفات تمتد من التخت حتى حافة الجدار الابتدائي. ولقد اتضح مرور السوائل بين هذه اللويفات من قصبية الى أخرى. في هذا النوع من النقر، يكون غشاء النقر مرنا، قد يشغل الجزء الوسطى من النقرة الزوجية المضفوفة، أو يتحرك جانبيا نتيجة لزيادة الضغط حتى يصبح مرتكزا على أي من صفتي النقرة فيغلق فتحتها. ومرور السوائل، خلال النقرة الزوجية، يصبح حينئذ بالانتشار خلال التخت. وإذا كان التخت في وضع وسطى، يكون مرور السوائل أساسيا خلال الجزء الرقيق من غشاء النقرة. في الخشب الصمغي، يصبح الغشاء جامدا وغالبا يكون في وضع جانبي غالقا لفتحة النقرة.

ويعتبر التخت ميزة هامة للنقر المضفوفة في عاريات البذور، أما في مغطاة البذور فانه نادرا ما يكون موجودا، وإن وجد يكون ضعيف التكوين. النقر الزوجية نصف المضفوفة يكون التخت فيها غير موجود أو ضعيف التكوين، والنقرة المضفوفة قد تكملها أخرى بسيطة، فيتكون تركيب واحد يسمى النقرة الزوجية نصف المضفوفة Half-bordered pit-pair.

الجدر الواقعة بين العناصر الناقلة للماء والخلايا البارنكيميّة توجد بها نقر زوجية نصف مضفوفة. ففي جدار الوعاء أو القصبة تكون النقرة مضفوفة، بينما التي تقابلها

في جدار الخلية البارنكيمية تكون بسيطة . ومع هذا ، فإن النقر البسيطة والمضفوفة توجد أيضا في الجدر الثانوية للأوعية والقصبية .

النقر المزركشة

Vestured Pits

وتسمى أحيانا النقر ذات الرداء ولقد اكتشفها وسماها Bailey عام ١٩٣٣ . والنقر المزركشة تمثل نوعا من النقر المضفوفة يوجد في العناصر الناقلة للماء بالخشب الثانوي لعدد قليل من عائلات النباتات الزهرية ذوات الفلقتين مثل الصليبية Brassicaceae والبقولية Leguminosae ولهذا تعتبر هذه النقر صفة تشخيصية هامة للدراسات المقارنة للخشب . وتتميز هذه النقرة بوجود زوائد دقيقة تكسو تجويف النقرة لدرجة تكسيها مظهرا شبكيا أو غرباليا . وتوجد هذه الزوائد أيضا على حواف فوهة النقرة ، تنشأ من السطح الداخلى للجدار الثانوى المحيط بغرفة النقرة . وتتنوع الزوائد في الشكل أو الحجم والعدد فهى اما خيطية ، ريشية ، أو متشعبة تشعب الشعب المرجانية ، وقد تكون متناثرة أو متقاربة بدرجة تكسو الجدار كله . وقد تتكون الزوائد أيضا على السطح الداخلى لعناصر الأوعية التي توجد بها هذه النقر .

وحينما تكون طويلة ، قد تملأ الزوائد غرفة النقرة وتبرز الى تجويف الخلية . وفي النقر الزوجية نصف المضفوفة ، تكون النقر البسيطة خالية من هذه الزوائد . ولا تعرف وظيفة خاصة لهذه النقر .

ترتيب النقر في جدر الخلايا

يتنوع عدد وترتيب النقر في جدر الخلايا ، حتى على السطوح المختلفة لنفس الخلية . ويتوقف ذلك على نوع الخلايا المجاورة . عادة توجد نقر زوجية مضفوفة بين جدر العناصر الناقلة للماء . ولا توجد نقر زوجية بين العناصر الناقلة للماء والألياف ، وإن وجدت تكون قليلة العدد جدا . النقر الموجودة بين العناصر الناقلة للماء والخلايا البارنكيمية تكون إما زوجية نصف مضفوفة أو زوجية بسيطة . في حالة النقر الزوجية نصف المضفوفة ، توجد النقرة المضفوفة في جدر الوعاء أو القصبية .

وترتب النقر المضفوفة في عناصر الخشب الناقلة في ثلاثة نظم هي السلمى Scalariform والمقابل Opposite والمتبادل Alternate . وإذا كانت النقر مستطيلة عرضيا في المنظر السطحي ومرتبطة في تتابع رأسى عرف النظام بالتنقير السلمى ، وإذا كانت النقر مرتبة في أزواج أو صفوف أفقية قصيرة كان التنقير متقابلا ، أما إذا كانت مرتبة في صفوف مائلة عرف التنقير باسم المتبادل .

الروابط البلازمية

Plasmodesmata

هي خيوط سيتوبلازمية دقيقة جدا يبلغ قطرها جزء من الميكرون، تمتد عبر جدر خلايا النباتات الراقية وتربط بروتوبلاستات الخلايا المتجاورة بعضها ببعض. ولقد شوهدت هذه الروابط متصلة بالشبكة الاندوبلازمية والتي تتصل بامتدادات من غلاف النواة، وبذلك يتكون جهاز غشائي يصل بين أنوية الخلايا المتجاورة. ويمكن رؤية هذه الروابط البلازمية بالمجهر الإلكتروني وكثيرا تشاهد بالمجهر الضوئي في الجدر الخلوية السمكية لاندوسبرم بعض البنور مثل البلح Phoenix والبن Coffea والكاكاي Diospyros kaki

والروابط البلازمية من مميزات الجدر الابتدائية، حيث تتفاوت كثيرا في العدد، وتكون غالبا متجمعة في الرقعات النقرية الابتدائية، أما فرادى أو في أزواج أو ثلاثة أو أربعة أو خمسة أو ستة معا. كما توجد أيضا مبعثرة في جدار الخلية. في الخلايا الحية ذات الجدر الثانوية توجد الروابط البلازمية مركزة في أغشية النقر الزوجية. ولقد وضح أن الروابط البلازمية توجد في جميع الأنسجة الحية للنباتات الراقية، وبذلك يصبح النبات عبارة عن كيان من بروتوبلاستات مترابطة، بدلا من اعتباره تجمع من خلايا منفصلة. ويصفة عامة يتراوح عددها بين ستة آلاف والأربعة وعشرون ألفا في الخلية الواحدة.

ويرجع تكوين الروابط البلازمية خلال مرحلة انقسام الخلية نتيجة لوجود أجزاء من الشبكة الاندوبلازمية عند تكوين الصفيحة الخلوية. ولقد عرف ان هذه الروابط تتكون أيضا عندما تتلاصق جدر الخلايا مثلما يحدث في حالات التطعيم. وأوضحت بعض الأبحاث أن عدد الروابط البلازمية يزداد بالانفلاق خلال ازدياد جدار الخلية في الرقعة السطحية، وفي هذه الحالة تغط الروابط جانبيا قبل أن تنفلق.

ويرى الباحثون أن الروابط البلازمية تساهم في نقل المواد من خلية الى أخرى، وتعتبر طريقا لتوصيل مؤثرات البيئة المختلفة فتحدث في النبات استجابات معينة تبعا لطبيعة هذه المؤثرات. ومن المحتمل أن يكون الارتباط الوثيق بين الخلايا والأنسجة والاعضاء في النبات يرجع الى وجود هذه الروابط البلازمية.

الفصل العاشر

THE PLANT TISSUES

الأنسجة النباتية

- المرستيات
- تصنيف المرستيات
- نظم النمو في المرستيات
- المرستيات القمية
- المرستيات البينية
- المرستيات الجانبية
- المرستيات والتميز الخلوى.

الفصل العاشر

الأنسجة النباتية

THE PLANT TISSUES

تتركب أجسام أبسط النباتات ذات البلاستيدات الخضراء Chloroplasts مثل طحلب الكلاميدوموناس Chlamydomonas من خلية واحدة تقوم بجميع وظائف الحياة. في بعض الطحالب الأخرى، وحيدة الخلية Unicellular مثل طحلب فولفكس Volvox يوضح تركيب الجسم طرازاً آخر، فهو وحيد الخلية، متجمعا في مستعمرات تضم الواحدة منها بضعة آلاف من الخلايا، يتجلى فيها توزيع للعمل الحياتي حيث تقوم مجموعة من خلايا المستعمرة بوظائف الحياة العادية، بينما تخصص خلايا أخرى للقيام بعملية التكاثر. وفي طحالب أخرى مثل فوشيريا Vaucheria يكون الجسم عبارة عن مدمج خلوي Coenocyte في صورة تركيب أنبوي قد يصل طوله الى عدة بوصات، يتألف من جدار خلوي يحيط بطبقة من السيتوبلازم تتوسطها فجوة عصبارية مركزية كبيرة. والسيتوبلازم في فوشيريا عديد الأنوية دون أن تفصلها عن بعضها البعض جدر خلوية، هذا الكيان البروتوبلازمي غير مقسم الى وحدات خلوية متخصصة.

ولقد أدى الانتقال التدريجي للنباتات الأولى من البيئة المائية الى الحياة في بيئة الأرض الى حدوث تعقيدات تركيبية في جسم النباتات بما يتوافق مع حياة الأرض. وتبعاً لذلك حدثت محورات داخلية وتوزيع للعمل بين خلايا جسم النبات بما يتواءم مع الوظائف التخصصية الجديدة التي تقوم بها خلايا متخصصة مرتبة في مجموعات هي الأنسجة. والنباتات عديدة الخلايا، تظهر في خلاياها درجات متفاوتة من التخصص يصاحب التدرج في الرقى. وتتميز النباتات مغطاه البذور، بأن جسم النبات بلغ أعلا درجات التعقد والرقى، مؤلفاً من ملايين الخلايا، تتنوع في شكلها وتركيبها بما يتوافق مع وظيفة كل نوع، كما تختلف في منشئها. وتتجمع خلايا نوع أو أكثر معاً، ويتألف منها وحدة

تركيبية ووظيفة تسمى النسيج Tissue. تنظم الأنسجة بطريقة منسقة لتكوين الأعضاء، ولكل منها وظائفها التخصصية، ومع هذا لا يستطيع أى عضو أن يقوم بوظائفه مستقلاً عن باقى الأعضاء، فجميع أعضاء جسم النبات تعمل في ترابط تام يكفل النمو والحياة للنبات.

ويمكن تعريف النسيج، من الناحية المورفولوجية، بأنه مجموعة من الخلايا المنتظمة والمتراصة معاً، متحدة في المنشأ، وذات تركيب متماثل وتقوم بوظائف واحدة، ويتألف منها جزء تركيبى في النبات. مثل هذه الأنسجة تسمى الأنسجة البسيطة Simple tissues كالنسيج البارنكيما Parenchyma tissue والنسيج الكولنكيما Collenchyma tissue. قد يضم النسيج تجمعاً من أنسجة بسيطة تتكون منها وحدة تركيبية ووظيفية في جسم النبات فتسمى الأنسجة المعقدة Complex tissues، مثل نسيج الخشب Xylem الذي يتربك من خلايا ناقلة وخلايا بارنكيما وغيرهما من ألياف الخشب. والنسيج المعقد الثانى يسمى نسيج اللحاء Phloem tissue ويتألف في مغطاة البذور من عناصر الأنابيب الغربالية Sieve tubes وخلايا مرافقة Companion cells وبارنكيما اللحاء Phloem parenchyma وألياف اللحاء Phloem fibers. ويتضح في الأنسجة المعقدة وجود تباين في أنواع الخلايا ووظائفها.

Classification of Tissues

تصنيف الأنسجة

تصنف الأنسجة طبقاً لأسس مختلفة يعتمد عليها في التصنيف، مثل القدرة على الانقسام الخلوى، والتعدد في التركيب، أى نوع الخلايا المكونة لها، أو الأصل الذي نتجت عنه، أو الوظيفة وغيرها. وسوف يكتفى في هذا المؤلف بتصنيف الأنسجة تبعاً لقدرتها على الانقسام.

وتصنف الأنسجة تبعاً لقدرتها على الانقسام الى مرستيات وأنسجة دائمة

أ - المرستيات Meristems وهي أنسجة انشائية Formative tissues خلاياها تنصف بقدرتها المستمرة على الانقسام وإنتاج خلايا جديدة تضاف الى جسم النبات مما يؤدي الى نموه وتكوين أنسجته وأعضائه. وتوجد المرستيات في مناطق محددة بجسم النبات مثل المرستم القمى Apical meristem لكل من الجذر والساق، والمرستيات الجانبية مثل الكامبيوم القلبنى Phellogen والكامبيوم الرعائى Vascular cambium. كما توجد الأنسجة المرستية في جتين البذرة وبدايات الأوراق وقواعد السلاميات في سيقان النباتات ذوات الفلقة الواحدة.

ب - الأنسجة الدائمة Permanent Tissues وهي أنسجة يتألف منها الجزء الأكبر

من جسم النبات. بعض هذه الأنسجة خلاياها حية، توقفت عن الانقسام بعد تمام نضج خلاياها، ومع هذا، تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام والنمو، وإعادة التكاثر Redifferentiation لفترات مختلفة.

النسيج البارنكييمي Parenchyma tissue والنسيج الكلونكييمي Collenchyma tissue يعتبران مثالان للأنسجة الدائمة ذات الخلايا الحية. والبعض الآخر من الأنسجة الدائمة بلغت خلاياها درجة عالية من التخصص، ولاستطيع أن تغير طبيعتها، فقد فقدت ما بها من بروتوبلاست وتغلظت جدرانها وأصبحت مؤلفة من هذه الجدر فقط مثل نسيج الفلين Cork tissue والنسيج الاسكلرنكييمي Sclerenchyma Tissue. ونسيج الخشب Xylem نسيج معقد يتركب من عناصر وعائية ناقلة هي الأوعية Vessels والقصبيات Tracheids وأخرى غير وعائية هي بارنكيما الخشب Xylem Parenchyma وألياف الخشب wood fibers أما نسيج اللحاء فهو النسيج المعقد الثاني في جسم النبات، ويتركب من عناصر ناقلة غربالية تسمى الأنابيب الغربالية Sieve tube، تتألف الواحدة منها من عناصر غربالية Sieve elements فقدت أنويتها غير أنها لاتزال محتفظة بما فيها من سيتوبلازم، ومع هذا فقدت قدرتها على الانقسام. ويضم نسيج اللحاء أيضا خلايا بارنكييمي متخصصة تسمى الخلايا المرافقة Companion cells وخلايا بارنكييمي تسمى بارنكيما اللحاء Phloem parenchyma وغيرها تسمى ألياف اللحاء Phloem fibers.

ويقترن نسيج الخشب مع اللحاء ويكوّنان معا الجهاز النسيجي الوعائي Vascular tissue system tissue system يمتد في كل أعضاء جسم النبات. ويتألف من الأنسجة غير الوعائية الدائمة وحدات أخرى نسيجية كبرى تمتد في جسم النبات مثل الجهاز النسيجي الأساسي Ground tissue system الذي يشمل جميع الأنسجة التي تتكون منها أرضية أعضاء النبات مثل القشرة Cortex والنخاع في السيقان والجذور والنسيج الأساسي Ground tissue لسيقان ذوات الفلقة الواحدة والنسيج المتوسط Mesophyll في الورقة. ويمثل النسيج البارنكييمي Parenchyma النسيج الأول الشائع في الجهاز النسيجي الأساسي. وقد يوجد في هذا الجهاز خلايا افرازية Secretory cells. والجهاز النسيجي الضام Dermal tissue system يشمل البشرة Epidermis في أعضاء جسم النبات الابتدائي، والبشرة المحيطة أو البريديم Periderm التي تحيط بالسيقان والجذور التي يحدث فيها نمو ثانوي.

المرستيمات MERISTEMS (OR. MERISTO DIVISIBLE)

المرستيمات مصطلح اقترحه Nagelli عام ١٨٥٨، وهي عبارة عن أنسجة انشائية

Formative cells تمتلك القدرة على انشاء خلايا وأنسجة جديدة. ومصطلح مرستيم بمعناه الواسع يتضمن خلايا فتية أى بداءات مرستيمية Meristematic initials وأخرى ملاصقة لها ناتجة عنها تسمى الخلايا المشتقة Derivative cells. والخلايا المشتقة تحدث فيها تغيرات مورفولوجية وفسيولوجية تدريجيا وتصبح في النهاية متخصصة أو دائمة Per-manent ولا يوجد حد فاصل بين الخلايا المرستيمية ومشتقاتها الحديثة لاستمرار الأخيرة في تخليق البروتوبلازم والانقسام الخلوى لفترات معينة.

بعض الخلايا البالغة، مثل خلايا البشرة أو القشرة البارنكيمة أو الطبقة المحيطة Pericycle تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام وتصبح مرستيمية في ظروف معينة.

يتضح مما تقدم أن المرستيمات Meristems هي أنسجة محددة في جسم النبات تمتلك خلاياها القدرة المستمرة على الانقسام بصورة فعالة، فتتخصص في انشاء خلايا جديدة تضاف الى جسم النبات في صورة أنسجة جديدة تمثل جزءا من عضو أو في صورة أعضاء جديدة. وطبقا لذلك فإن جسم النبات يتألف من أنسجة بالغة وأخرى مرستيمية متخصصة في الانقسام الخلوى.

من الصفات الهامة التي تتميز بها النباتات مغطاه البذور عن الحيوانات المعقدة التركيب الجسمى، نظام النمو المفتوح Open system الذي يتضمن تكوين أنسجة وأعضاء جديدة طوال حياة النبات نتيجة لنشاط المرستيمات Meristems. وتتضح أهمية المرستيمات في النمو المفتوح مما نلمسه في الأشجار والشجيرات سنويا من نمو جديد طوال حياة النبات شاملا تكوين أفرع خضرية وأزهار وجذور، بالإضافة الى الزيادة في قطر السيقان والجذور.

صفات الخلايا المرستيمية

لا تختلف الخلايا المرستيمية، من الناحية الأساسية، كثيرا عن غيرها من الخلايا الحية في جسم النبات الزهرى. ومن الصعب وضع صفات معينة دقيقة يمكن أن توصف بها الخلية المرستيمية النموذجية، فالخلايا المرستيمية تتباين في عدد من صفاتها. ومع هذا، فننجز أهم صفات هذه الخلايا فيما يلي:-

١ - الخلايا المرستيمية توصف عادة بأنها صغيرة الحجم متساوية الأقطار Isodiametric تقريبا، جدرانها سليولوزية ابتدائية رقيقة، قد تحتوى على رقعات نقرية ابتدائية تمتد خلالها عدد من الروابط البلازمية. وتوجد مسافات بينية دقيقة جدا بين الخلايا وبعضها البعض.

٢ - تمتلك الخلايا بالبروتوبلاست النشط، تتخلله فجوات عصارية دقيقة جدا،

ويحتوى على عدد من الاعضاء الصغيرة Organelles مثل البلاستيدات الأولية والريبوزومات، ومقدار ضئيل من الشبكة الاندوبلازمية. ولا توجد بهذه الخلايا بلاستيدات خضراء أو ملونة. ونواة الخلية المرستيمية تكون كبيرة بالنسبة لحجم الخلية، وتحتل مركزا وسطيا فيها. هذه الصفات السابقة توجد كثيرا في المرستيمات التي تعرف بالمرستيمات الحقيقية Eumeristems والتي تتميز بها المرستيمات القمية Apical meristems.

ومن ناحية أخرى فإن الحجم النسبي بين النواة والسيوبلازم يختلف كثيرا بدرجة كبيرة، كما أن الجدر الخلوي السميك قد توجد في الخلايا المرستيمية حتى في المرستيمات القمية Apical meristems.

والكامبيوم الوعائي Vascular cambium عبارة عن مرستيم جانبي Lateral meristem تتميز خلاياها بوجود فجوات عصارية كبيرة، وجدرها القطرية تكون أكثر سمكا من الجدر المماسية وتحتوى على رقعات نقرية عميقة. يضم هذا الكامبيوم نوعان من الخلايا مختلفان في الشكل، يسمى الأول البدايات المغزلية Fusiform initials تكون مغزلية الشكل، والثاني يسمى بدايات الأشعة Ray initials تكون متائلة الأقطار تقريبا. الكامبيوم الفلينى Phellogen هو أيضا مرستيم جانبي، خلاياه من نوع واحد ذات فجوات مختلفة الاتساع، وقد تحتوي على دباغ Tannins ونشا وبلاستيدات خضراء.

وبعض الخلايا البالغة الحية مثل خلايا البشرة Epidermis أو القشرة Cortex البارنكيمية أو الطبقة المحيطة Pericycle في الجدر، تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام طوال حياتها، كامنة، ولكنها لا تنصف بالاستمرار في الانقسام لتكوين خلايا جديدة كما هو الحال في المرستيمات. هذه الخلايا الحية لا تنقسم الا تحت ظروف معينة. فمثلا، قد تنقسم خلايا البشرة أو القشرة البارنكيمية ويتكون عنها الكامبيوم الفلينى الذي ينشأ عن انقسام خلاياه لتكوين نسيج واق يسمى البريدرم Periderm. وخلايا الطبقة المحيطة يتكون من انقساماتها الكامبيوم الفلينى أو الجذور الجانبية. وخلايا الطبقة المحيطة لا تختلف في تركيبها عن خلايا القشرة.

تصنيف المرستيمات

تصنف المرستيمات وفق أسس مختلفة مثل الأصل الذي نشأت عنه، وموضعها في النبات، والوظيفة التي تقوم بها. وهذه الأسس لاتضع حدودا فاصلة بينها:

أولا: التصنيف على أساس الأصل الذي نشأت عنه

تصنف المرستيمات على أساس نوع الخلايا التي نشأت عنها الى مرستيمات ابتدائية

Primary meristems وأخرى ثانوية Secondary meristems. المرستيمات الابتدائية هي التي تنشأ مباشرة عن خلايا جنين البذرة. وخلال مراحل تطور الجنين إلى بادرة، تنحصر عملية تكوين الخلايا الجديدة تدريجياً في مناطق محددة في قمم السيقان والجذور تسمى المرستيمات. هذه المرستيمات التي توجد منذ نشأة الجنين Zygote وهي الأنسال المباشرة للخلايا والمختصة بالنمو تسمى المرستيمات الابتدائية. وتوجد هذه المرستيمات في قمم السيقان والجذور ويدابات الأوراق Leaf primordia ومثيلاتها من الزوائد الجانبية.

في كثير من ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons مثل العائلة النجيلية Poaceae تبقى خلايا المناطق القاعدية للسلاميات وأغداد الأوراق لفترة طويلة مرستيمية تنشأ عنها أنسجة دائمة. هذه المناطق، من حيث المنشأ، عبارة عن مرستيمات ابتدائية، وتحول في النهاية إلى أنسجة دائمة.

ويستج عن نشاط المرستيمات الابتدائية بناء جسم النبات الذي يتألف من الجذور والسيقان والأفرع والأوراق وغيرها من الزوائد الجانبية في مراحلها المبكرة، بالإضافة إلى استئطالة هذا الجسم. وجسم النبات الذي يتكون نتيجة لنشاط المرستيمات الابتدائية يسمى الجسم الابتدائي Primary body.

ينشأ المرستيم الثانوي من أنسجة دائمة بالغة وحية، ولقد سميت ثانوية لأنها نشأت جديدة في نسيج خلايا غير مرستيمية، استأنفت قدرتها على الانقسام. والخلايا المنشئة للمرستيمات الثانوية لم تبلغ درجة عالية من التخصص الوظيفي مثل خلايا القشرة البارنكيمية وكذلك الخلايا البارنكيمية للطبقة المحيطة. وخلايا هذه المرستيمات تختلف مورفولوجياً عن المرستيمات الابتدائية وكذلك وظيفتها، حيث تنشأ أنسجة ثانوية تزيد من قطر محور الجسم الابتدائي وتدعمه، أو تحميها من عوامل البيئة، بينما المرستيمات الابتدائية تنشأ الجسم الأساسي الابتدائي للنبات. ويعتبر الكامبيوم القليني Cork cambium or phellogen من المرستيمات الثانوية وينشأ في خلايا ناضجة حية مثل البشرة أو القشرة واللحاء وحتى خلايا الطبقة المحيطة في جذور النباتات ذوات الفلقتين.

الكامبيوم بين الحزمي Interfascicular cambium في سيقان ذوات الفلقتين يوضح نوعاً ثانياً من المرستيمات الثانوية ينشأ عن خلايا بارنكيمية تقع بين الحزم الوعائية في السيقان Interfascicular Parenchyma استأنفت نشاطها المرستيمي، وينتج عنه عادة أنسجة وعائية ثانوية.

ثانياً: التصنيف على أساس موضع المرستيم في جسم النبات

تصنف المرستيمات تبعاً لموضعها في جسم النبات إلى مرستيمات قمية Apical meris- terms ومرستيمات جانبية Lateral meristems ومرستيمات بينية Intercalary meristems.

والممرستيات القمية هي ممرستيات تقع عند أطراف السيقان والجذور وأفرعها. والممرستيات الجانبية توجد بعيدا عن قمم السيقان والجذور موازية للسطح الخارجى لبعض النبات ومن أمثلتها الكامبيوم الفلجنى Phellogen والكامبيوم الوعائى Vascular cambium وتسمى الأنسجة التي تنشأ عن الممرستيات الجانبية بالأنسجة الثانوية - Secondary Tissues والممرستيات البينية، هي مناطق ممرستية ابتدائية مشتقة من الممرستيم القمى للساق، وتوجد عند قواعد السلاميات في معظم النباتات، وقد توجد عند قمة السلامية أو وسطها وفي نباتات أخرى الممرستيات القمية والبينية هي ممرستيات ابتدائية.

نظم النمو في الممرستيمات

تظهر في الممرستيات صورا مختلفة ناتجة عن تباين نظم انقسام الخلايا وزيادتها في الحجم. فمثلا، تتميز الممرستيات الجانبية Lateral meristems بالانقسامات الموازية لسطح عضو النبات Periclinal divisions. وفي سيقان وجذور النباتات ذات الفلقتين ينتج عن هذه الانقسامات تكوين صفوف عديدة من الخلايا موازية لأقطار محاور هذه الأعضاء، تزيد من سمكها. وهذا الترتيب القطرى يعتبر من صفات المشتقات المباشرة Immediate Derivatives لكل من الكامبيوم الوعائى Vascular Cambium والفلجنى Phellogen.

والأعضاء التي تنشأ من نفس الممرستيم القمى تأخذ أشكالا مختلفة للنمو لأن المشتقات الخلوية، التي مازالت ممرستية تظهر نظما واضحة للنمو. بعض هذه النظم ذات صفات مميزة لها تؤدي الى اطلاق مصطلحات معينة عليها تتفق مع الشكل أو الصورة التي تنتج عن انقسامها على أساس اتجاه مستوى الانقسام. هذه المصطلحات هي الممرستيم الكتلى Mass meristem والممرستيم الصفى File meristem والممرستيم الصفحي Plate meristem.

الممرستيم الكتلى ينمو بالانقسام في كل الاتجاهات فينتج عنه أجساما كروية أو متساوية الأقطار أو غير محددة الشكل. من أمثلة هذا النمو ذلك الذي يوجد أثناء تكوين الاندوسبرم في بذور كثير من النباتات، والمراحل المبكرة في كثير من الأجنة وفي أعضاء التكاثر خلال تكوين حبوب اللقاح، والنخاع Pith والقشرة Cortex أثناء التكوين في بعض النباتات. وينشأ عن الممرستيم الصفى صفوف متوازية طويلا من الخلايا نتيجة للانقسام بمستوى عمودى على المحور الطولى لصف الخلايا وأيضا على المحور الطولى لعضو النبات. هذا النوع من النمو يتميز به أجزاء النبات الأسطوانية الطولية وتتضح صورته في تكوين القشرة في الجذر والقشرة والنخاع في السيقان الحديثة. والممرستيم الصفحي يتميز بأن النمو فيه يحدث أساسيا بالانقسام العمودى على السطح ويكون

نتيجة لذلك زيادة الرقعة بدرجة كبيرة كما يحدث في الأوراق بينما لا تزداد عدد طبقات الخلايا الموجودة أصلا، وبذلك ينتج تركيب يشبه الصفيحة.

والمرستيمان الصفيحي والصفى هما نموذجي النمو اللذان يحددان أساسيا في المرستيم الأساسى Ground Meristem. هذان المرستيمان يحددان الشكلين الأساسيين لجسم النبات وهما النصل المنبسط الرفيع للأعضاء الشبيهة بالأوراق من ناحية، والتراكيب الأسطوانية الطويلة التي توجد في الجدار والساق، وعنق الورقة من ناحية أخرى.

APICAL MERISTEMS

المرستيمات القمية

وهي أنسجة انشائية تقع عند أطراف السيقان والجذور وفروعها وتتميز بالانقسام الخلوي المستمر. كثيرا يستخدم مصطلح قمة الساق Shoot apex وقمة الجذر Root apex للدلالة على المرستيم القمي لكل من الساق والجذر. وأحيانا يستخدم مصطلح قمة نامية Growing point للدلالة على المرستيم القمي في الجذر أو الساق. هذا المصطلح الأخير غير دقيق حيث يدل على مساحة محدودة أو نقطة للنمو، بينما في الحقيقة، هذا الجزء يمثل منطقة نشوء الأنسجة الابتدائية للساق. وإذا كان النمو، من الناحية المورفولوجية، يعتبر زيادة في حجم الخلايا والأنسجة والأعضاء، فإن مقداره يكون عند الحد الأدنى في القمة النامية وأكثر وضوحا بعيدا عنها في المشتقات الخلوية، أى الخلايا الوليدة حديثة النشأة. ومن ناحية أخرى، فإن انقسام الخلايا، وهو أول مراحل النمو، لا ينحصر في القمة النامية للساق، وإنما يمتد لمسافة عدة سلاميات أسفل المرستيم القمي. وفي الساق، تكون الانقسامات الخلوية أكبر ما يمكن عند مناطق نشوء بدايات الأوراق.

ونشاط هذه المرستيمات يؤدي الى تكوين الأنسجة الابتدائية لجسم النبات واستطالة الأعضاء التي تقع عند أطرافها. لقد اكتشف Wolf المرستيم القمي في عام ١٧٥٩ كم منطقة ينشئ منها النمو في النبات.

المرستيم القمي لسيقان النباتات مغطاه البذور

المرستيم القمي للساق هو المنطقة الطرفية التي تعلو أحدث بداية ورقية Leaf primordium وتنوع شكل وحجم المرستيم القمي في النباتات مغطاه البذور، كما يتغير هذا الشكل والحجم اذا كان المرستيم نشطا أو ساكنا، وخلال مراحل النمو الخضري والزهرى. في كثير من النباتات مغطاه البذور، يكون المرستيم القمي على شكل قبة، وقد يكون مستويا أو محدبا نوعا، أو مخروطي متطاوّل كما في النجيليات. ويتراوح قطر المرستيم القمي للساق بين ٩٠ ميكرون في بعض الحشائش و١٣٠-٢٠٠ ميكرون في

ذوات الفلقتين. كما يبلغ القطر حوالى ٥٠٠ ميكرون في النبات الناضج لبعض أنواع النخيل، وحوالى ٧٠٠-٩٠٠ ميكرون في بعض أنواع الصبار.

ويتميز في طرف المرستيم القمى للساق منطقة محدودة صغيرة تسمى المرستيم الأول Promeristem تتألف من خلايا مرستيمية منشئة له تسمى البدايات القمية Apical initials وتشمل أيضا خلاياها الوليدة المشتقة حديثة النشأة. والبدايات، هي التي تضيف الى النبات خلايا جديدة مع الاحتفاظ بصفاتها بصفة دائمة. هذه البدايات لا تختلف أو تختلف قليلا عن خلاياها المشتقة، كما أن من الصعب تحديد عدد الخلايا المنشئة، فهذا العدد قد لا يبقى ثابتا.

والبدايات القمية ترتب، في مغطاه البذور، في طبقتين أو أكثر، وتتميز بأنها صغيرة الحجم، جدرها رقيقة، ذات سيتوبلازم نشط، نواتها كبيرة توجد في وسط الخلية، والمسافات البينية دقيقة جدا أو غير موجودة. حينما تبدأ الخلايا المشتقة تتغير في شكلها وحجمها ومحتوياتها وصبغات جدرها، وكذلك ترتيبها بالنسبة لبعضها، فانها عندئذ تصبح خارجة عن نطاق المرستيم الأول حيث تنجح حينئذ نحو التخصص الخلوى.

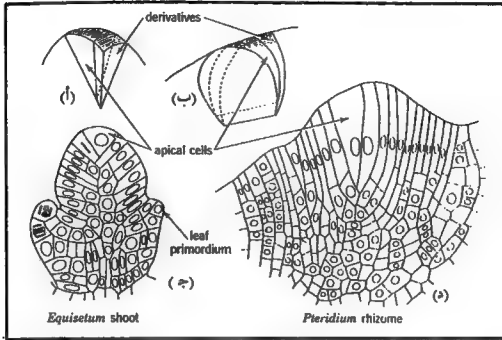
نظريات التميز التركيبى في المرستيمات القمية

يتركب المرستيم القمى في سيقان النباتات مغطاه البذور من عدد كبير من خلايا مرستيمية تنظم في مناطق تختلف كل منها عن غيرها في عدد الخلايا المنشئة، وحجم الخلية ومدى النشاط في الانقسام الخلوى ومستوى سطوح الانقسام:

ومنذ أن عرفت قمة الساق، اتجه الباحثون الى تحديد مناطقها وخدمات خلاياها والأنسجة الناتجة عنها. ولقد اقترحت عدة نظريات تتناول التميز التركيبى للمرستيمات القمية في السيقان والجذور وعدد البدايات الخلوية بها ونشأة الأنسجة منها. ويمكن تلخيص هذه النظريات فيما يلى:

١ - نظرية الخلية القمية The Apical Cell Theory

أظهرت دراسة المرستيمات القمية لكثير من الطحالب Algae والنباتات الخزازية Bryophyta وكثير من السراخس Pteridophyta وجود خلية انشائية قمية واحدة تنشأ منها أنسجة سيقان هذه النباتات اللابنوية. تتميز هذه الخلية عن الخلايا المجاورة لها في شكلها وحجمها، وبفجواتها العصارية الكبيرة. أكثر أشكال هذه الخلية شيوعا هو الشكل الهرمى المقلوب (شكل ٥٣)، قاعدته تمثل السطح الخارجى للخلية في طرف المرستيم القمى. والأسطح الثلاث الأخرى داخلية جانبية. تنشأ المشتقات الخلوية لهذه الخلية القمية نتيجة للانقسامات الموازية للثلاث أسطح الجانبية الداخلية في تتابع



(شكل ٥٣): الخلية القمية في السيقان والريزومات.

(أ، ب) شكلان من الخلية القمية: الهرمى (أ) والعنسى، (ب) (جـ، د) قطاعات طولية في المرستيم القمي توضح وضع الخلية القمية في ساق (جـ) وريزوم، (د) نبات من السراخس.

منتظم. وتستمر المشتقات الخلوية في النمو والانقسام لتكوين أنسجة النبات. ويصغر حجم هذه الخلية القمية بعد كل انقسام ولكن لا تلبث أن تسترجع حجمها الأصلي. وهناك نباتات تكون الخلية القمية فيها عدسية الشكل Lens-shaped وغيرها وتدعى Wedge-shaped. ولقد اقترح Nagelli نظرية الخلية القمية في عام ١٨٥٨ ولقد أوضحت هذه النظرية الأهمية المورفولوجية في تميز المرستيم القمي الى مناطق. وأدى اكتشاف هذه الخلية القمية الى افتراض أن أمثالها توجد في النباتات البذرية، غير أن الدراسات العديدة أوضحت خطأ هذا الاتجاه عند تناول المرستيمات القمية المغطاة البذور، فتركيب هذه المرستيمات مختلفة ومعقد، كما أن أجزاء جسم النبات ذات أصول متميزة. وتبعاً لذلك، فإن نظرية الخلية القمية لا تنطبق على النباتات مغطاة البذور.

The Histogen Theory

٢ - نظرية نشوء الأنسجة

اقترح هذه النظرية Hanstein في عام ١٨٦٨ بعد دراسات مستفيضة لعدد من سيقان وجذور النباتات مغطاة البذور. ولقد وضح أن قمة الساق أو الجذر تتضمن ثلاث مناطق مرستيمية أطلق عليها مصطلح منشآت الأنسجة Histogens أى بناء

الأنسجة، فكل منها يبنى جزءا معينا من عضو النبات. كما وضع أن كل منطقة تنشأ من بداية خلوية مستقلة أو أكثر توجد في طرف المرسيم القمي تسمى بمنطقة المرسيم الأول Promeristem (شكل ٥٤).

والمنشآت الثلاث هي:

- ١ - منشئ البشرة Dermatogen وهي الطبقة الخارجية للمرسيم القمي، تتركب من صف واحد من الخلايا وينشأ عنها نسيج البشرة في سيقان مغطاة البذور.
- ٢ - منشئ القشرة Periblem وهي طبقة أو أكثر تبطن منشئ البشرة وينشأ عنها نسيج القشرة في الساق.
- ٣ - منشئ الأسطوانة الوعائية Plerome وتشمل المنطقة الداخلية من المرسيم الأول وتكون محاطة بمنشئ القشرة. يتركب من خلايا غير منتظمة الترتيب، تنشأ منه الأنسجة الوعائية الابتدائية للساق والنخاع Pith.

وأوضحت هذه النظرية أن البدايات المنشئة هي مجموعة من الخلايا وليس خلية

واحدة كما هو الحال في نظرية الخلية القمية، كما أنه توجد ثلاثة منشآت تتكون منها أنسجة جسم النبات وليست خلية انشائية واحدة. وتنشأ كل منطقة من خلية واحدة أو بضع خلايا انشائية تترتب في صفوف متتالية في الجزء الطرفي من المرسيم القمي.



(شكل ٥٤): رسم تخطيطي لقمة المحور بين منشآت الطبقات.
أ - قطاع طولى. ب - قطاع عرضى

ورغم أن نظرية نشوء الأنسجة قد ساد استخدامها في النواحي التشريحية للأنسجة والأعضاء في مغطاة البذور حوالى خمسون عاما، وحفزت الباحثين إلى القيام بعز يد من الدراسات عن المرستيمات القمية المغطاة البذور، إلا أنها لم تعد تستخدم بالنسبة للسائقان في العقدين الأولين من القرن العشرين لزيادة الأهتمام بالدراسات التشريحية للمرستيمات القمية وما أسفرت عنها من نتائج، وتتضح فيما يأتى :

- ١ - تعزز تمبير المنشئات في المرستيمات القمية لبعض النباتات .
- ٢ - اختلاف تخصص كل منطقة في انشاء الأنسجة، فمثلا منشء الأسطوانة الوعائية قد ينشأ عنه النخاع فقط، أو ينشأ عنه الأسطوانة الوعائية وجزء من القشرة. وبالإضافة الى ذلك، فقد يقوم منشء القشرة بتكوين الأنسجة الخارجية للأسطوانة الوعائية علاوة على القشرة أو جزء منها. علاوة على أن نشاط المناطق المنشئة قد يختلف في المحاور المتناظرة في نفس النبات .

ورغم أن نظرية هانشتين Hanstein قد طويت تقريبا بالنسبة للمرستيمات القمية للسائقان، فانها تستخدم كثيرا في وصف المرستيمات القمية لجذور النباتات مغطاة البذور.

نشأ ودور الأنسجة المرستيمية /الابتدائية

مصطلح المرستيمات الابتدائية Primary meristems يدل على تجمعات من خلايا مرستيمية مشتقة من المرستيم الأول تنشأ عنها الأنسجة الابتدائية لجسم النبات . في عام ١٩١٤ اقترح هابرلاندت Haberlandt استخدام المصطلحات التالية للدلالة على المرستيمات الابتدائية :

- ١ - البشرة الأولية Protoderm وينشأ منها البشرة وغيرها من بعض الأنسجة الداخلية . والبشرة الأولية هى الطبقة الخارجية للمرستيم القمى سواء نشأت عن بدايات مستقلة أم غيرها وسواء نتجت عنها البشرة فقط أو البشرة مع جزء آخر يقع الى الداخل منها .
- ٢ - الكامبيوم الأول Procambium وينشأ عنه النسيج الوعائى الابتدائى ، وكذلك الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium في سيقان النباتات ذوات الفلقتين . ويبدو أن هذا المصطلح غير مقنع لأنه عند نضج الأسطوانة الوعائية في الجذر فانها تحتوى على أنسجة غير وعائية مثل الطبقة المحيطة Pericycle وأحيانا النخاع Pith.

- ٣ - المرستيم الأساسى Ground Meristem وهو الجزء المتبقى من النسيج المرستيمى بعد تميز البشرة الأولية والكامبيوم الأول . وينشأ من هذا المرستيم أنسجة متنوعة

مثل القشرة في كل من الساق والجذر، والنخاع في سيقان ذوات الفلقتين، والنسيج الأساسي في سيقان ذوات الفلقة الواحدة والنسيج المتوسط في الورقة.

وترتبط هذه المصطلحات الثلاثة مع التصنيف البسيط للأنسجة الناضجة الى الأجهزة النسيجية الثلاثة وهي جهاز البشرة والجهاز الوعائي والجهاز الأساسي.

Tunica – Corpus Theory

نظرية الغطاء والبدن

نتيجة للدراسات المستفيضة لعديد من قمم سيقان مغطاة البذور، اقترح شميدت Schmidt عام ١٩٢٤ نظريته المعروفة باسم الغطاء والبدن الخاصة بالمرستيمات القمية.

وبموجب هذه النظرية، يتميز في المرستيم القمي منطقتان مرستيميتان بدلا من ثلاث كما في نظرية أصل الأنسجة، الأولى، الخارجية، تسمى الغطاء Tunica بينما، الثانية، الداخلية، تسمى البدن Corpus. تختلف خلايا المنطقتان في التركيب ومنهج الانقسام الخلوي، وكل منهما مستقل في منشئة (شكل ٥٥) والغطاء يمثل الطبقة أو الطبقات الخارجية للمرستيم القمي. وتتفاوت عدد طبقات الغطاء بين طبقة واحدة من صف واحد من الخلايا وعدة طبقات، وغالبا طبقتين أو ثلاث كل منها وحيدة الصف Uniseriate layer. وأكثر أنواع الغطاء شيوعا يتركب من طبقتين أو ثلاث في ذوات الفلقتين، بينما في ذوات الفلقة الواحدة كما في النجيليات فان عدد الطبقات يتراوح بين طبقة واحدة أو ثلاث طبقات (شكل ٥٥). في بعض العائلات الرئيسية مثل المركبة As-teraceae والوردية Rosaceae يتركب الغطاء من عدة طبقات خلوية. وبصفة عامة، التنوع في عدد طبقات الغطاء يكون شائعا في ذوات الفلقتين بدرجة أكبر من ذوات الفلقة الواحدة. وعموما فان عدد طبقات الغطاء يختلف تبعا للنوع والجنس، وقد يختلف العدد في المحاور المختلفة للنبات الواحد، وخلايا الغطاء أصغر حجما من خلايا البدن، منتظمة الحجم، وتنقسم بمستوى عمودي Anticlinical عادة على السطح. ولهذا فان النمو فيها يزيد من مساحة الرقعة السطحية. وتظهر الخلايا متطاولة في القطاع الطولي، وتبقى كل طبقة متميزة في المرستيم القمي، ويكون البروتوبلاست داكن اللون عند الصبح. وتنشأ كل طبقة من طبقات الغطاء من مجموعة منفصلة من البداءات القمية، تمثل مركزا وسطا في طرف المرستيم الأول، وانبقسامها عموديا تتكون مشتقاتها المرستيمية التي تنقسم بدورها لتضيف خلايا جديدة الى المحيط الخارجى لقمة النبات. وينشأ من خلايا الغطاء نسيج البشرة في الساق، وإذا تعددت الطبقات فان البشرة تنشأ من الطبقة السطحية، بينما ينشأ جزء من القشرة من الطبقات الأخرى. وتشارك خلايا الغطاء أيضا في تكوين بدايات الأوراق Leaf primordia. والبدن هو الجزء الأوسط للمرستيم القمي الذي يغلفه غاما الغطاء. وخلايا البدن



(شكل ٥٥): يوضح تركيب المرستيم القمي عند بداية تكوين النورة في نبات من النجيليات، كما يوضح التيونيك ذات الطبقتين وبدايات السنييلات (١) التيونيك (٢)، الكوربس (٣).

أكبر حجما من خلايا الغطاء وهي غير منتظمة الشكل، وتشاهد مستديرة في القطاع العرضي، وعند الصبغ يكون البروتوبلاست خفيف اللون. وقد يكون البدن نحيفا أو سميكاً. وينشأ البدن من طبقة واحدة من البدايات القمية تقع تحت بدايات الغطاء في المرستيم الأول بطرف المرستيم القمي. وطبقاً لهذا، فإن عدد طبقات البدايات الخلوية في المرستيم القمي للساق يكون مساويا لعدد طبقات بدايات الغطاء مضافا إليه طبقة واحدة من البدايات للبدن.

والانقسامات الخلوية قليلة الحدوث في خلايا البدن وتحدث في جميع المستويات، لهذا يسود النمو في الحجم، ويكون ترتيب الخلايا غير منتظم. ويتبع عن انقسامات خلايا البدن ومشتقاتها نسيج القشرة أو معظمه، والأسطوانة الوعائية في الساق، كما يشترك أيضا في تكوين بدايات الأوراق.

والانقسامات الخلوية في خلايا الغطاء تحدث بدرجة أكبر منها في خلايا البدن. عدد

البدايات الخلوية في المرستيم الأول يتراوح بين بضع خلايا وعدد غير قليل منها. أحيانا في المرستيمات القمية النحيفة، مثل مرستيمات النجيليات، توجد بداية واحدة أو اثنان في الغطاء، واثنين أو أكثر في البدن. ومع هذا، فإن تحديد عدد البدايات الخلوية، باعتبارها تتخلد نفسها، يكون كثيرا أمرا صعبا، نظرا لأن هذه البدايات لا تختلف أو تختلف قليلا عن مشتقاتها المباشرة، من الناحية المورفولوجية. تحت منطقة البدايات الخلوية ومشتقاتها المباشرة، تبدأ الخلايا تغيرا في الشكل والحجم والترتيب والمحتويات تمهيدا لتكوين الأنسجة الابتدائية الجديدة التي يبنى منها جسم النبات.

ولقد وجد أن الحدود بين الغطاء والبدن تتأرجح درجة وضوحها حتى في النوع الواحد بالنسبة لموقع المرستيم القمي في النبات وحالة النمو الخضري وموسم النمو. في بعض الأحيان يكون تمييز الحدود أمرا صعبا أو مشكوكا فيه، وأحيانا لا يظهر أى تمييز بين الغطاء والبدن. ففي بعض النجيليات، مثلا، توجد طبقة واحدة خارجية تنقسم خلاياها بمستوى موازى للسطح بالإضافة الى الانقسامات العمودية، الأمر الذي يؤكد عدم امكانية الفصل المورفولوجي الدقيق بين الغطاء والبدن.

وتتركز الصعوبة في تحديد كل من الغطاء والبدن في مدى وضوح الطبقة الخارجية من البدن والتي تحدث كثيرا فيها انقسامات عمودية وتبدو انتقالية في طبيعتها بين الغطاء والبدن.

ونظرية الغطاء والبدن لا تزال شائعة التطبيق في سيقان النباتات مغطاة البذور مع حدوث بعض التحورات فيها. ولقد أضافت هذه النظرية الكثير من المعرفة عن أصل الأعضاء الجانبية للساق ومراحل نموها المبكرة، كما أوضحت أيضا طابعي النمو السطحي والنمو في الحجم في المرستيم القمي.

هذا، وقد يكون عدد طبقات الغطاء ذات أهمية تقسيمية، فمن المحتمل أن يكون عدد طبقات الغطاء دليلا على رقي المجموعة النباتية عن ذات العدد الأقل.

وتحت منطقة الغطاء والبدن في المرستيم القمي تتميز منطقة انتقالية بين الخلايا المرستيمية الطرفية والخلايا الناضجة. الخلايا في وهذه المنطقة تكون كبيرة وتترتب في صفوف طويلة متوازية. وهذه المنطقة تعرف بالمرستيم الضلعي Rib meristem.

المرستيم القمي في الجسور

يتميز المرستيم القمي في جذور النباتات مغطاة البذور بوجود تركيب طرفي واق يسمى القلنسوة Root cap ولهذا يوصف بأنه تحت طرفي Subterminal. ولا يتكون من المرستيم القمي للجذر أعضاء جانبية تقابل الأوراق والأفرع والأزهار في الساق، حتى

الجنذور الجانبية تنشأ بعيدا عنه داخلها من الدائرة المحيطة Pericycle. ويحدث النمو في القلنسوة والجنذر حيث تتكون أنسجة ابتدائية جديدة تضاف الى الجسم الابتدائي للجنذر.

ونظرا لعدم وجود اوراق أو أفرع جانبية تنشأ من المرستيم القمي للجنذر، فلا تحدث في هذا المرستيم تغيرات متعاقبة في الشكل أو الحجم كما هو الحال في المرستيم القمي للساق. وكما كانت العقد والسلاميات غير موجودة في الجنذر، فإن نموه في الطول يكون أكثر انتظاما منه في الساق. وتحدث استطالة نسيج القشرة في الجنذر بالمرستيم الضلعي Rib meristem حيث تنشأ صفوف متوازية طوليا من الخلايا نتيجة لانقسام المشتقات الخلوية بمستوى عمودي على المحور الطولي للجنذر. والمرستيم القمي يكون قصيرا في الجنذر اذا ما قورن في الساق.

والجزء الطرفي من المرستيم القمي للجنذر يسمى، كما هو الحال في الساق، المرستيم الأول Protomeristem.

نظرية الغطاء والبدن لا تطبق بالنسبة للجنذر، نظرا لاختلاف تركيب المرستيم القمي به عن نظرية في الساق، بصفة أساسية، لوجود القلنسوة ولعدم تكوين المحاور الجانبية مثل الأوراق والأفرع والنورات أو الأزهار وغيرها.

ورغم أن مصطلحات نظرية نشوة الأنسجة لم تعد تستخدم في حالة المرستيمات القمية للساق، فإزالت تستخدم بالنسبة للجنذر لتدل على مناطق النمو فيه، ولقد أضيف إليها منشئ للقلنسوة اذا كان منشأها مستقلا.

وفي النباتات مغطاة البذور، توجد غالبا ثلاث مجموعات من البداءات أو الخلايا المنشئة، ونادرا تكون أربعة في طرف المرستيم القمي للجنذر. وتترتب بداءات كل مجموعة في صف واحد، يتألف من خلية واحدة أو أكثر. وتترتب صفوف البداءات متلاصقة فوق بعضها موازية للمحور الطولي للجنذر، كل صف ينشأ عنه منطقة نمو وأحيانا منطقتان. والمرستيمات القمية في الجنذور الجانبية تماثل في كثير أو قليل نظيرتها في الجنذور الأصلية.

وفي معظم النباتات ذوات الفلقتين يحتوي المرستيم القمي في طرفه، أى في المرستيم الأول، على ثلاث طبقات من البداءات الخلوية، كل منها يتميز فيه بداءة خلوية واحدة أو بضع بداءات مرتبة في صف واحد.

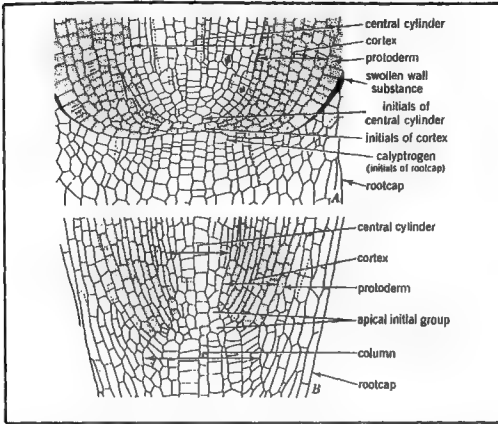
وتنشأ القلنسوة والبشرة معا من الطبقة الخارجية التي تسمى منشئ البشرة والقلنسوة Dermato Calyptrogen والطبقة الوسطى من البداءات ينشأ عنها منشئ القشرة Perib lem الذي يتكشف عنه نسيج القشرة Cortex والطبقة الداخلية ينشأ عنها منشئ

الأسطوانة الوعائية Plerome الذي يتكشف عنه الأسطوانة الوعائية Vascular cylinder. من الواضح في هذا النمو، أن الجزئين الواقين في الجذر وهما القلنسوة والبشرة ينشأان معا من أصل واحد أى من نفس طبقة البداءات الخلوية. وتبعاً لذلك، يمكن اعتبار القلنسوة، من الناحية المورفولوجية، كنمو متخصص من البشرة. ويوجد هذا النوع من قمم الجذور ذات المنشأ الواحد للقلنسوة والبشرة في كثير من العائلات ذوات الفلقتين مثل نباتات العائلة الوردية Rosaceae والصليبية Brassicaceae والمركبة Asteraceae والبالذنجانية Solanaceae.

وفي عدد من نباتات عائلات أخرى من ذوات الفلقتين مثل الكازورانية Casuarinaceae والبقولية Leguminosae وبعض أفراد Amentiferae تنشأ كل أنسجة الجذر من مجموعة من خلايا انشائية عامة، فلا توجد بداءات منفصلة لكل من مناطق الجذر. ويوجد هذا النموذج أيضاً في بعض عائلات ذوات الفلقة الواحدة مثل الموزية Musaceae والنخيلية Arecaceae.

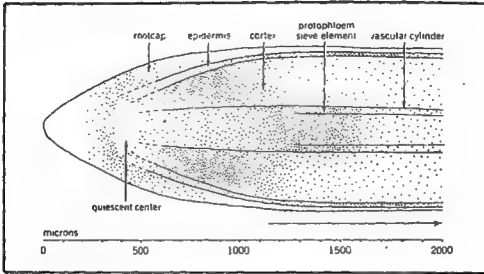
في القمم الجذرية للذوات الفلقة الواحدة، كما في النجيلية Poaceae والزنجبارية Zin- giberaceae وبعض النخيلية Arecaceae توجد أيضاً ثلاث طبقات من البداءات الخلوية تنشأ منها الأربع مناطق المرستيمية المنشئة لأنسجة الجذر الابتدائية. الطبقة الخارجية من البداءات تنشأ عنها مرستيم يختص بتكوين القلنسوة يسمى منشئ القلنسوة Calyptragen (شكل ٥٦)، وطبقة البداءات الوسطى Periblem تنشأ عنها نسيج القشرة، بينما الداخلية Plerome تنشأ عنها الأسطوانة الوعائية. البشرة في هذا النموذج تنشأ عن الطبقة الخارجية من القشرة. وأهم ما يميز هذا النوع من المرستيمات القمية في ذوات الفلقة الواحدة إن للقلنسوة أصلاً مستقلاً وأن القشرة والبشرة ينشأان من أصل واحد. وفي نموذج آخر من ذوات الفلقة الواحدة، كما في بعض نباتات العائلة النخيلية Arecaceae تنشأ البشرة والقلنسوة معا من مرستيم مشترك يسمى Der-matocalyptragen كما في بعض ذوات الفلقتين. وفي عدد قليل من النباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل جنس الزقيم Pistia وعدس الماء Lemna توجد أربع مجموعات من البدايات تختص كل واحدة منها بإنشاء منطقة من المناطق الأربعة المنشئة لأنسجة الجذر، وهي القلنسوة، البشرة، القشرة، والأسطوانة الوعائية. وتبعاً لذلك تكون البشرة مستقلة في منشأها عن بقية المناطق، وكذلك القلنسوة.

يتضح مما تقدم، أن القلنسوة في جذور ذوات الفلقة الواحدة إما أن تنشأ من أصل مستقل بها يسمى Calyptragen أو تنشأ مشتركة مع البشرة من أصل واحد يسمى Der-matocalyptragen



(شكل ٥٦): قطاع طولى في المرستيم القمى لجذر نبات الذرة. الفلنسة تنشأ من مرستيم خاص بها (منشأ الفلنسة)، بينما القشرة والبشرة ينشآن من مرستيم واحد. والأسطوانة الوعائية تنشأ من منشأها (بليروم).

ولقد أوضح Clowes أن منطقة البدايات الخلوية، طبقاً لنظرية أصل الأنسجة، تكون خاملة تتميز بعدم النشاط النسبي لخلاياها في الانقسام الخلوى، وأن هذا الانقسام يكون أكثر نشاطاً بعيداً عن منطقة البدايات. وتبعاً لذلك توجد منطقة طرفية بالمرستيم الأول للجذر تسمى منطقة السكون Quiescent region تقع بين فلنسة الجذر ومنطقة أخرى تتميز بانقسام خلوى نشط (شكل ٥٧). ومقدار الحامض النووى والبروتين يكون منخفضاً في منطقة السكون. وأشار Clowes إلى أن منطقة السكون تعتبر ظاهرة عامة في جميع الجذور، وتحدث فيها انقسامات قليلة بين فترة وأخرى. ففي الجذور الصغيرة، قد لا تكون منطقة السكون موجودة. وبالرغم من أن منطقة السكون ليست واضحة تماماً، إلا أنها تعتبر مخزناً خلوياً يعوض الخلايا التالفة، ويسترجع بذلك النمو إذا توقف، كما تعتبر مركزاً لبناء البدايات الخلوية والأوكسينات Auxins. وخلايا منطقة السكون، تنشط في الانقسام الخلوى خلال فترات تكوين الجذور.



(شكل ٥٧): رسم تخطيطي للجزء الطرفي من جذر البصل كما يظهر في قطاع طول يوضح توزيع النشاط المرسيمي تبعاً لكثافة النقط السوداء، وعدم وجود هذا النشاط في منطقة المرسيم القمي منطقة السكون.

ومنتطقة الانقسام الخلوي السريع في الجذر لا توجد في المرسيم الأول Promeristem بل بعيدة الى حد ما عنه حيث تصل الى ذروتها عند حوالي ملليمتر واحد من الطرف الجذري كما في البصل *Allium* (شكل ٥٧). والمنطقة التي يصل فيها الانقسام الخلوي الى ذروته تختلف من نسيج الى آخر. فمعظم الزيادة في طول الجذر تنتج عن استطالة الخلايا. ولقد وجد أن الاستطالة في جذر الذرة *Zea* تحدث في منطقة يتراوح مداها بين ٨-١٠ ملليمترات، وتبدأ الاستطالة الكبرى عند حوالي ٤ ملليمتر حيث تستطيل الخلايا فقط دون انقسام خلوي.

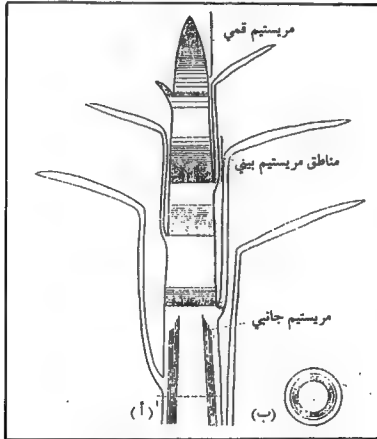
INTERCALARY MERISTEMS

المرستيمات البينية

وهي مناطق مرستيمية مشتقة من المرسيم القمي للساق، تنعزل عنه أثناء النمو ويفصلها عنه طبقات من أنسجة ناضجة. وتختلف المرسيمات البينية عن القمة في عدم وجود المرسيم الأول وأنها تحتوى على بعض عناصر من اللحاء الأول Protohloem والخشب الأول Protoxylem في مراحل مختلفة من التكشف Differentiation وتتحول هذه المرسيمات في النهاية الى أنسجة بالغة. وتقع هذه المرسيمات بين مناطق تكشف أنسجتها الى حد ما، وتوجد في معظم النباتات عند قواعد السلاميات، أو توجد في وسطها أو عند القمة في نباتات أخرى.

وأبرز الأمثلة لهذه المرستيات تلك التي توجد عند قواعد السلاميات وأغداد الأوراق في نباتات العائلة النجيلية Poaceae وحيث تحدث استطالة السلاميات وأغداد الأوراق نتيجة لنشاط المرستيات البينية فيها (شكل ٥٨). وأحيانا توجد المرستيات البينية عند قمة السلامية كما في النعناع *Mentha* أو عنق الورقة كما في البشنين *Nymphaea* أو عند قمة الحامل الزهري كما في الفول السوداني *Arachis hypogaea* والهندباء *Taraxacum*.

ووجود المرستيم البيني بين مناطق ناضجة قد يعوق استمرار امتداد الأنسجة الوعائية ويضعف تركيب الساق والورقة، إذا لم يكن متكشفا تماما. ونشاط هذه المرستيات يعتبر مظهرا موضعيا للنمو الابتدائي، والمسئول عن الشكل والحجم النهائيين لأعضاء النبات مثل الأوراق والأزهار والثمار وغيرها. وهذه الأعضاء يحدث فيها انقسامات خلوية لفترة من الزمن بعد نشوئها من المرستيم القمي، أما ما يعقب ذلك من زيادة مستمرة في الحجم فيمكن اعتباره نموا بينيا أقل تحديدا للموضع كما هو الحال في النجيليات.



(شكل ٥٨): رسم تخطيطي يبين مواضع المرستيات.

أ - منظر طولي ب - قطاع عرضي

LATERAL MERISTEMS

المرستيات الجانبية

وهي مرستيات توجد بعيدا عن قمم السيقان والجذور، تتكون من خلايا منشئة تنقسم غالبا موازية للسطح الخارجى للعضو الذي توجد فيه كالسيقان والجذور. ينتج عن نشاط هذه المرستيات زيادة في قطر عضو النبات فهي تضيف الى الأنسجة الموجودة أو تنشئ أنسجة جديدة. من أمثلة المرستيات الجانبية الكامبيوم الوعائى Vascular cambium والكامبيوم الفلينى Phellogen. والأنسجة التي تنشأ عن المرستيات الجانبية تسمى الأنسجة الثانوية Secondary tissues. هذه الأنسجة تتميز الى مجموعتين، أنسجة وعائية تتكون من الكامبيوم الوعائى وأخرى واقية تنشأ من الكامبيوم الفلينى. ومعظم ذوات الفلقة الواحدة الضخمة مثل أنواع النخيل وغيرها من جنس يوكا Yucca يحدث بها نمو ثانوى من نوع خاص.

The Vascular Cambium

الكامبيوم الوعائى

وهو مرستيم جانبى تنشأ عنه الأنسجة الوعائية الثانوية التي تمثل الجزء الأكبر من محور جسم النبات الناضج. ويوجد الكامبيوم الوعائى في معظم سيقان وجذور النباتات الخشبية ذات الفلقتين على شكل أسطوانة من صف واحد من الخلايا الانشائية، تنجز فقط، في حالة السيقان، بواسطة فجوات الأوراق Leaf gaps وفجوات الفروع Branch gaps كما يوجد على شكل أشربة من صف واحد في أعناق الأوراق والعروق التي تزداد في السمك. وإذا كانت الأنسجة الوعائية الثانوية في الساق في صورة حزم منفصلة، كما في بعض النباتات الخولية، يبقى الكامبيوم في هذه الأشربة على هيئة شرائح طولية من صف واحد من الخلايا.

أنواع الخلايا

يتميز في الكامبيوم الوعائى نوعان من البدائات الخولية، يتمثلان في تركيبهما الدقيق غير أنهما يختلفان في الشكل والحجم، كما يختلفان أيضا في أنواع الخلايا الناتجة، وهما البدائات مغزلية الشكل، وبداءات الأشعة.

١ - البدائات مغزلية الشكل Fusiform Initials

وهي خلايا انشائية، متطاولة في اتجاه المحور الطولى للنبات، اطرافها مستدقة. والبدائات المغزلية تظهر في القطاعات العرضية مستطيلة الشكل، محورها المماسي أطول عدة مرات بالنسبة للمقطرى. وتتباين البدائات المغزلية تباينا كبيرا في أطوالها، ويتوقف ذلك على نوع النبات. فمثلا، يبلغ طول البداءة الخولية في الحور Populus حوالى

٤٩٠ من الملليمتر، والكمثرى Pyrus حوالى ٥٣٠ ره وشجرة الجراد Robinia حوالى ١٧٠ ره وفي الجوز Juglans حوالى ٦٠٠ ره ولسان العصفور Fraxinus حوالى ٢٩٠ ره من الملليمتر. ويختلف الطول أيضا في النوع الواحد تبعا لظروف النمو. ولقد وضح أن البدايات المغزلية تزداد قليلا في الطول بتقدم عمر الشجرة، غير أنها تتوقف عن الزيادة بعد وصولها الى حد معين. ويؤدى التغير في حجم هذه الخلايا الى حدوث تغير مماثل فيها ينتج عنها من خلايا الخشب واللحاء الثانويين.

ومع هذا، فإن أقصى حجم تصل اليه الخلايا الثانوية يتوقف، جزئيا، على حجم بداءات الكامبيوم، حيث أنه قد يحدث تغير في الحجم أيضا خلال تكشف هذه الخلايا.

وتتفاوت البدايات المغزلية تفاوتا كبيرا في حجومها تبعا لنوع النبات. فمثلا، طول البداة المغزلية في شجرة الجراد Robinia حوالى ١٧٠ ميكرون، ٢٠ ميكرون في العرض المماسي، ٧ ميكرون في العرض القطرى. وفي جنس الجوز، حيث بداءاته طويلة، يبلغ الطول ٦٠٠ ميكرون، والعرض المماسي ٢٥ ميكرون والقطرى ٨ ميكرون.

ترتيب البدايات المغزلية

في القطاعات المماسية للكامبيوم الوعائى تشاهد البدايات المغزلية مرتبة تبعا لأى من النظامين التاليين:

أ - ترتب الخلايا في طبقات أفقية، وتظهر أطراف خلايا كل طبقة في مستوى واحد تقريبا. ويعرف مثل هذا الكامبيوم باسم الطبقي أو المصفوف Stratified Cambium وهو من سمات النباتات ذات البدايات المغزلية القصيرة مثل شجرة الجراد Robinia (شكل ٥٩) والكاكي Diospyros.

ب - الخلايا لا ترتب في طبقات أفقية، وانما تتراكب أطرافها فوق بعضها البعض. وهذا النوع يسمى الكامبيوم غير الطبقي أو غير المصفوف Nonstratified cambium ويتميز بهذا النوع النباتات ذات البدايات المغزلية الطويلة مثل الكمثرى Pyrus والصنصاف Salix والجوز Juglans. ويعتبر النوع المصفوف أرقى في تطوره عن غير المصفوف، وفي النوع البدائى تتباين البدايات في الطول بدرجة أكبر.

ب - بداءات الأشعة Ray Initials

وهي خلايا منتظمة الشكل، متائلة الأقطار تقريبا، صغيرة الحجم نسبيا، تتنوع قليلا في الشكل. ينشأ عن بداءات الأشعة الخلايا البارنكيمية التي تمتد أفقيا في نسيج الخشب واللحاء الثانويين ويتكون عنها ما يسمى بالأشعة الوعائية. وعدد بداءات

الأشعة التي تشترك في تكوين الشعاع Ray يتوقف على اتساعه الذي يختلف تبعا لنوع النبات. وعادة تشترك بداءة واحدة أو أكثر في تكوين الشعاع.

وهذه الخلايا يقل طولها كثيرا عن البداءات المغزلية. فالخلية ذات نواة واحدة، أصغر حجما من نظيرتها في البداءة المغزلية، غير أنها إذا قيسَت بالنسبة لحجم الخلية اعتبرت كبيرة، وذلك عند مقارنة البداءة المغزلية بنواتها التي تعتبر صغيرة بالنسبة لحجم خليتها. ومع هذا، قد تختلف البداءات المغزلية في النسبة بين النواة والسيوبلازم Nucleo-geop Iasmic Ratio بينما تكون هذه النسبة ثابتة تقريبا في بداءات الأشعة.

تركيب خلايا الكامبيوم الوعائي:

بروتوبلاست الخلايا توجد به فجوة عصارية كبيرة أو أكثر يحيط بها طبقة رقيقة من السيوبلازم. النواة كبيرة، وهي في الخلايا المغزلية أكثر استطالة منها في بداءات الأشعة. جدر الخلايا ابتدائية، الجدر القطرية أكثر سمكا من المماسية لاسيما خلال فترات توقف النشاط أو خلال الكمون، وذات رقعات نقرية ابتدائية يمتد خلالها روابط بلازمية.

والكامبيوم الحقيقي عبارة عن طبقة من صف واحد من خلايا انشائية دائمة. أحيانا تطلق هذه التسمية على هذه الطبقة الانشائية بالإضافة الى مشقاتها الخلوية المباشرة، الأمر الذي يجعلها متعددة الصفوف. وقد تعمل بعض صفوف الخلايا المشتقة، على كل من جانبي الكامبيوم، كخلايا انشائية قبل ان تتكشف في النهاية الى مكونات الخشب أو اللحاء الثانويين. ومع هذا، فانه من الصعب التمييز بين البداءات الخلوية ومشتقاتها الحديثة جدا.

Origin of Vascular Cambium

منشأ الكامبيوم الوعائي

يبنى النسيج الوعائي الابتدائي في سيقان النباتات مغطاه البذور من الكامبيوم الأول Procambium الذي ينشأ مبكرا من المرستيم القمي لهذه السيقان. في النباتات التي لا يحدث فيها نمو ثانوي، تتكشف جميع خلايا الكامبيوم الأول الى أنسجة وعائية ابتدائية، أما في النباتات ذات النمو الثانوي، لايتحول الجزء الأوسط من الكامبيوم الأول، في الحزم الوعائية، الى خلايا خشب ولحاء ابتدائيان، بل يظل هذا الجزء انشائيا بصفة دائمة ويتحول تدريجيا الى طبقة من صف واحد عمامي الوضع يسمى الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium.

وعادة، يمتد الكامبيوم الحزمي، جانبيا، ليتحد مع أشرطة أخرى مرستيمية جانبية تنشأ من خلايا بارنكيمة، ناتجة عن المرستيم القمي، وفيها بين الحزم الوعائية تسمى

الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium فتتكون أسطوانة كاملة من الكامبيوم. في بعض النباتات العشبية، مثل جنس الشقيق Ranunculus لا يحدث هذا الاتصال الجانبي، بل يظل الكامبيوم الحزمى كأشرطة طويلة منفصلة.

وإذا كانت المناطق بين الحزم الوعائية واسعة، فإن الانقسامات الأولى التي ينشأ عنها الكامبيوم في هذه المناطق تحدث بجانب الحزم الوعائية على امتداد الكامبيوم الحزمى. وطبقاً لذلك، يصبح الكامبيوم في صورة أسطوانة جوفاء تمتد داخل العقد والسلاميات. والكامبيوم الأول Procambium والكامبيوم الوعائي Vascular cambium ينظر إليهما على أنهما مرحلتان تطورتان لنفس المرسيم. وتتركز الصفات الأساسية للكامبيوم الوعائي في أن البداءات الخلوية تتميز فيها بداءات مغزلية وأخرى بداءات أشعة.

ولا يتخذ الكامبيوم الوعائي صورته التي يوجد عليها إلا عندما تصبح البداءات الخلوية مرتبة في صف عمامي واحد يؤدي نشاطها إلى تكوين الأنسجة الوعائية الثانوية منتظمة في ترتيب قطري.

ويبدأ تميز الكامبيوم الوعائي من الكامبيوم الأول في منطقة ما بالساق التي يحدث فيها نمو ثانوي، قبل أن تتوقف تلك المنطقة عن الاستطالة. واستطالة الساق تكون عادة مضحوبة بتكوين الكامبيوم.

الانقسام الخلوى في خلايا الكامبيوم الوعائي

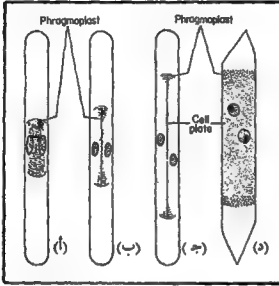
لا يؤدي انقسام خلايا الكامبيوم الوعائي إلى تكوين العناصر الخلوية لنسجى الخشب واللحاء الثانويين في الاتجاه القطرى على كلا الجانبين فقط، بل هي مسئلة أيضاً عن مواجهة الزيادة في محيط الاسطوانة الوعائية عن طريق الانقسامات القطرية في بداءاتها.

١ - انقسام البداءات المغزلية

تنشأ عن نواتج انقسام البداءات المغزلية (شكل ٥٩) جميع خلايا الخشب واللحاء الثانويين التي يكون محورها الطويل موازياً لمحور العضو الذي توجد به. ومثال ذلك، القصبيات Tracheids وعناصر الأوعية Vessel Elements وألياف وبارنكيا الخشب في الخشب الثانوى، أما في اللحاء الثانوى فتنشأ عنها الأنايب الغربالية Sieve Tube elements وألياف وبارنكيا اللحاء. وتنقسم البداء المغزلية بطريقتين هما الانقسام الموازى لسطح الخلية والأخرى، بالانقسام القطرى.

٢ - الانقسام الموازى لسطح الخلية Periclinal Division

يتم هذا الانقسام بمستوى مواز لسطح الخلية، ينتج عنه منطقة من خلايا مرستيمية



(شكل ٥٩): قطاع طولى (أ)،
ب، ج) يوضح خطوات انقسام
البدائية المغزلية في الكامبيوم
الوعائى. (د) في قطاع عملى.

تترتب خلاياها في نظام قطرى تشمل صف واحد من الخلايا المرستيمية، يمثل الكامبيوم الوعائى الحقيقى، وعلى جانبية توجد بضعة صفوف من خلايا مرستيمية تشمل مشقاته الخلوية الحديثة.

والخلايا المشتقة الناتجة عن الانقسامات الموازية لسطح بداءات الكامبيوم الوعائى المغزلية ينتج عنها خشب ثانوى الى الداخل من هذه المنطقة المرستيمية، أى منطقة الكامبيوم، ولحاء ثانوى الى الخارج منها. ونتيجة للانقسام الخلوى المنظم تترتب عناصر كل من الخشب واللحاء الثانويين في صفوف قطرية. وعادة يتكرر الانقسام الموازى لسطح الخلية مرة أو بضع مرات في الخلايا المشتقة قبل أن تتكشف في النهاية الى عناصر الخشب الثانوى. ولهذا، فإن الخشب الثانوى المتكون يزيد في مقداره بضع مرات عما يتكون من اللحاء الثانوى.

ومن الصعب تحديد عدد المرات التي تنقسم فيها الخلية المنشئة لعناصر الخشب أو اللحاء وكذلك الخلايا المشتقة.

ب - الانقسام العمودى على السطح Anticlinical Division

الانقسام الذى يحدث في البداءات المغزلية القصيرة للكامبيوم الطبقي يتم بمستوى عمودى على سطح الخلية، وبذلك توجد بداءتان مغزليتان متلاصقتان بدلا من واحدة. والزيادة في عدد بداءات الكامبيوم تكون متنوعة بازدياد مماسى في حجم الخلايا الناتجة عن الانقسام. وتبعاً لذلك يزداد اتساع اسطوانة الكامبيوم محيطيا. هذه الاسطوانة تتحرك الى الخارج في كل موسم نمواً يعادل سمك الخشب الثانوى

الذي يتكون في هذا الفصل. كما يتحرك اللحاء الثانوى أيضا الى الخارج. كما يزاح أيضا الى الخارج الأنسجة الابتدائية الأخرى وهى اللحاء والقشرة والبشرة في الساق، وفي معظم الحالات تتمزق وتموت وتنسلخ، ويتكون بريدرم واق بدلا منها. أحيانا تبقى القشرة عدة سنوات نتيجة لقدرة خلاياها على الانقسام والنمو ومواجهة الزيادة في الأنسجة الثانوية.

الانقسامات التي تحدث في البداءات المغزلية الطويلة للكامبيوم غير الطبقى تكون عرضية أو مائلة بدرجات مختلفة، لتكوين بداءات جديدة. في هذه الحالة، تكون الانقسامات متبوعة بزيادة حجم الخلايا الوليدة ونموها وتوغلها بين الخلايا المجاورة. وتحلل هذا النمو التوغلى تستطيل أطراف الخلايا الناتجة حتى تصل الى طول الخلية الأم. وقد تشعب أطراف هذه الخلايا أثناء نموها.

وتتقسم البداءات المغزلية قطريا لتكوين بداءات اشعة جديدة وبذلك تسهم في زيادة محيط الأسطوانة الوعائية. وقد تسهم أكثر من بداءة مغزلية في تكوين الأشعة الرعائية العريضة.

٢ - انقسامات بداءات الأشعة

وحدثت الانقسامات المماسي والقطرى، ليس مقصورا على البداءات المغزلية، وإنما يحدثان أيضا في بداءات الأشعة. فالانقسام المماسي يؤدى الى زيادة طول الأشعة الرعائية في كل من الخشب واللحاء الثانويين. ويزداد عدد بداءات الأشعة في أسطوانة الكامبيوم نتيجة للانقسام القطرى القائم في حالة النباتات التي يكون عرض الشعاع فيها أكثر من خلية. وتنشأ بداءات الأشعة أيضا نتيجة للانقسامات القطرية التي تحدث في البداءات المغزلية.

النشاط الموسمي للكامبيوم الوعائى

من الشائع في النباتات الجولية وثنائية الحول العشبية من ذوات الفلقتين أن محور النبات يزداد في السمك نتيجة لتكوين أنسجة وعائية خلال مرحلة النمو الخضرى، وتتوقف هذه الزيادة خلال فترة الانتقال الى مرحلة التكاثر نظرا لارتباط نشاط الكامبيوم بالنمو الخضرى. وفي هذه النباتات تكون فترة نشاط الكامبيوم قصيرة.

وفي الأنواع الخشبية المعمرة التي تمر بفترات كمون في الشتاء، فإن نشاط الكامبيوم الوعائى يكون موسميا، حيث يبدأ في الساق مع نشاط النمو الخضرى في الربيع المبكر في نهاية فترة الكمون، قبل أو أثناء تكشف البراعم وحتى عند تفتحها، ثم يتوقف كلية طوال حياة النبات. ونشاط الكامبيوم الوعائى يتم في مرحلتين تشمل الأولى اتساع خلايا

الكامبيوم في الاتجاه القطري والثاني حدوث الانقسام الخلوي في البدايات. ويتبع عن نشاط الكامبيوم الوعائي تكوين أنسجة وعائية ثانوية تزيد من قطر عضو النبات. وخلال فترة كمون الكامبيوم الوعائي في الشتاء، يتم نضج خلايا الخشب اللحاء الثانويين حديثة الكشف قريبا من بداياتها. أحيانا لا يبقى غير صف واحد من الكامبيوم بين الخشب واللحاء الثانويين. وغالبا يبدأ نشاط الكامبيوم في الجزء الأوسط من الشجرة، ومنه يمتد الى بقية الأجزاء، وقد يبدأ أيضا عند قاعدة الشجرة أو عند قمم الفروع. ويبدأ الكامبيوم الوعائي نشاطه في منطقة ما بالساق أو الجذر، قبل أن يتوقف النمو الابتدائي كلياً عند مستوى هذه المنطقة.

في كثير من ذوات الفلقتين، يبدأ نشاط الكامبيوم الوعائي في الساق تحت الأفرع الجديدة الآخذة في النمو ويمتد منها قاعدياً تجاه الأفرع الرئيسية؛ الجذع، ثم الجذر. وعموماً يتوقف نمو الكامبيوم حوالى منتصف الصيف أو بعده بقليل وذلك في الجذع والفروع الرئيسية، بينما يستمر النشاط لفترة أطول في الأغصان الصغيرة.

ويعزى استئناف نشاط الكامبيوم الوعائي في الربيع الى انتقال هرمونات النمو من البراعم الأخذة في النمو الى خلاياه الواقعة تحت مستوى هذه البراعم، ويتوقف النشاط في الشتاء نتيجة لانخفاض درجة الحرارة وقصر فترة الاضاءة.

وتختلف مقدار النشاط الكامبيومي باختلاف عمر النبات ونوعه والظروف البيئية. كما يتنبه الكامبيوم الوعائي أيضاً الى النشاط بالجروح نتيجة لتكوين هرمونات الجروح عند الإصابة. ويؤدي نشاط الكامبيوم، في حالة جروح الجذور أو السيقان، الى تكوين نسيج حماية من خلايا بارنكيمية فوق السطح المجروح أو تحته يعرف بالكالوس Callus. والخلايا الخارجية للكالوس اما ان تتسور أو ينشأ بريلم داخلها، وينشط الكامبيوم خلفه ليكون نسيجاً وعائياً جديداً. يتفاوت حيويته من وقت لآخر مع تقدم النمو حتى موت النبات.

في الأوراق والنورات وغيرها من الأعضاء المتساقطة تكون فترة حياة الكامبيوم قصيرة لا تتجاوز بضعة أيام أو أسابيع تتحول بعدها خلاياه الى أنسجة وعائية فيلتصق الخشب الثانوي مباشرة باللحاء الثانوي داخل الحزمة الوعائية. وفي سيقان النباتات الحولية، يقوم الكامبيوم بوظيفته لفترة قصيرة تتحول بعدها خلاياه الى أنسجة وعائية.

Phellogen

٢ - الكامبيوم الفليني

هو أحد المرسيتيات الجانبية الثانوية، يتكون في الساق في طبقة تحت البشرة في معظم النباتات مثل الجوز Juglans والبرقوق Prunus وقليلاً ينشأ في خلايا البشرة كما في الدفلة

Nerium والكمثرى Pyrus. وقد ينشأ الكامبيوم الفليني في طبقات أعمق كما في الرمان Punica أو في بارنكيا اللحاء كما في الشاي Camellia. أما في الجذر فإن الكامبيوم الفليني ينشأ غالبا في الطبقة المحيطة (البريسكيل) Pericycle. ويتج عن نشاط الكامبيوم الفليني تكوين فلين إلى الخارج وقد يتكون عنه قشرة ثانوية إلى الداخل. وبصفة عامة سوف نسرد مزيدا من التفاصيل عن الكامبيوم الفليني في موضوع البريدرم في فصل لاحق من هذا الكتاب.

الكامبيوم في ذوات الفلقة الواحدة

لا يوجد في معظم النباتات ذات الفلقة الواحدة تغليظ ثانوى، حيث أن جسم النبات يتألف من أنسجة ابتدائية، ومع هذا، يحدث نمو ثانوى من نوع خاص في عدد من أجناس العائلة الزنبقية Liliaceae العشبية والخشبية، مثل الدراسينا Dracaena واليوكا Yucca والأجاف Agave والحريق Veratrum وبعض أجناس أخرى من ذوات الفلقة الواحدة.

وترجع الزيادة في سمك مثل هذه السيقان إلى مرستيم متخصص يسمى الكامبيوم Cambium. ينشط هذا الكامبيوم في جزء الساق الذي استكملت استطالته، وينشأ في البارنكيا Parenchyma خارج الحزم الوعائية الابتدائية. بداءات هذا الكامبيوم تتباين في شكلها تبعا لاختلاف نوع النبات، وتراوح، في القطاعات العرضية، بين المثلثة والمستطيلة والمغزلية، وتوجد مرتبة في صفوف قطرية. والمشتقات الخلوية لبداءات الكامبيوم يتكون عنها اسطوانة من حزم وعائية ثانوية على سطحه من الداخل تكون مطمورة في نسج من خلايا بارنكيمي محكمة الترتيب، كما ينشأ عن المشتقات الخارجية مقدار من خلايا بارنكيمي إلى الخارج.

الحزم الوعائية الناضجة الثانوية يعضاوية الشكل في القطاع العرضي، وجميعها إما جانبية مقفولة أو مركزية اللحاء Amphivasal. هذه الحزم والبارنكيا المرتبطة بها تكون مرتبة في صفوف قطرية، بينما تكون الحزم الابتدائية موزعة بغير نظام، والبارنكيا المرتبطة بها لا تتميز بأى ترتيب قطري. لحاء الخزمة الثانوية يتركب من وحدات الأنابيب الغربالية Sieve tube members وتكون قصيرة، وخلاياها المرافقة Companion cells وبارنكيا اللحاء Phloem parenchyma.

والخشب Xylem يتركب من قصيبات Tracheids زائدة الطول مرتبطة بمقدار ضئيل من بارنكيا الخشب Xylem Parenchyma ذات جدر ملجننة. والبارنكيا التي توجد الحزم الوعائية مطمورة فيها رقيقة الجدر أو سمكية، ملجننة. والبارنكيا الخارجية رقيقة الجدر وتحتوى على بلورات.

المستويات والتمييز الخلوي

المستويات، أنسجة من خلايا حية، تتميز بقدرتها على الانقسام الخلوي بصورة فعالة ودائمة، وينتج عن انقساماتها المتعاقبة تكوين خلايا جديدة تضاف الى جسم النبات في صورة أنسجة أو أعضاء جديدة وفي نفس الوقت، تحافظ الخلية المرستيمية على حيويتها ويقائها كخلية مرستيمية. حينما تنقسم الخلية المرستيمية، تتكون خليتان شقيقتان، تبقى احدهما مرستيمية تقوم بوظيفتها كخلية انشائية Initial cell والخلية الأخرى المشتقة Derivative cell تنقسم مرة أو أكثر قبل أن تحدث فيها تغيرات فسيولوجية في آخر انقسام لها وتصبح خلية بالغة ذات صفات خاصة كمكون من مكونات نسيج معين من أنسجة النبات. وتبعا لذلك، فإن الخلية المرستيمية تحافظ على بقائها كخلية انشائية، أى تخلد نفسها، وفي نفس الوقت ينتج عن مشتقاتها الخلوية أنسجة جديدة. ومن الصعب وضع حد فاصل بين الخلايا المرستيمية ومشتقاتها الحديثة لاستمرار الأخيرة في تخليق البروتين لازم والانقسام الخلوي لفترات مختلفة. ان التغير التدريجي الذي يحدث في الخلايا المشتقة في صفاتها المورفولوجية والفسيولوجية يمثل مجموعة عمليات مترابطة ومتعاقبة تؤدي الى تميزها عن أصولها المرستيمية التي اشتقت منها، ويمكن أن يطلق عليه اصطلاح التميز Differentiation. في هذه العملية تزداد الخلايا المشتقة تدريجيا في الحجم وتتخذ لنفسها صفات جديدة تميزها عن أصولها التي نشأت عنها. كالتغيرات العادية التي تطرأ عليها من مواد التحول الغذائي، والتغير في المحتوى الانزيمي والأعضاء الصغيرة، وقد تتكون البلاستيدات الخضراء أو الملونة وتكتسب الخلية لونا مميزا تبعا لنوع هذه البلاستيدات، كما قد تتكون مواد ملونة، وقد يزداد سمك الجدار الخلوي، ويتغير شكل الخلية وحجمها تبعا لنوع النسيج. فالنسيج البارنكي، مثلا، خلاياه حية ذات جدر ابتدائية رقيقة، بها رقعات نقرية ابتدائية، وتحفظ بقدرتها على الانقسام. مثل هذه الخلايا بها بعض الصفات المورفولوجية التي بالخلايا المرستيمية مثل الجدر الابتدائية، والبروتوبلاست والفجوات العصارية، ولو أنها أكبر حجما من نظيرتها في المرستيمات. هذا بالإضافة الى احتفاظها بقدرتها على الانقسام.

وجميع الخلايا ذات الأنوية، مهما كان شكلها وتركيب جدرها، تحتفظ بقدرتها على الانقسام والنمو وإعادة التميز Redifferentiation تحت الظروف الملائمة. وفي مثل هذه الحالات لا يمكن فصل الخلايا المرستيمية عن البارنكيا، مثلا، على أساس الصفات المورفولوجية.

وقد يبلغ التميز مرحلة عالية من التخصص في الخلايا كما في القصبيات وعناصر

الأوعية وخلايا الفلين والألياف، وجميعها فقدت ما بها من بروتوبلاست ولم يبق منها إلا الجدر الخلوية فقط، وهي أكثر سمكا وتعقيدا في تركيبها من جدر الخلية المرستيمية والتي تميزت عن مشتقاتها. ويبلغ التميز أيضا مرحلة عالية من التخصص في عناصر الأنابيب الغربالية Sieve tube members في لحاء مغطاه البذور حيث تصبح خالية من النواة رغم أنها حية وهذه الوحدات الخلوية عديمة النواة فقدت صفاتها المرستيمية في الانقسام وأصبحت دائمة permanent.

وفي النباتات مغطاة البذور، يعتبر التميز في الأنسجة ووظائفها مظهرا لرقبها، فأنسجتها متنوعة في تركيبها ووظائفها كما تنوع خلاياها في أشكالها ومكوناتها وصفاتها. ورغم أنه من السهل وصف مظاهر التميز، فانه يصعب ملاحظة التغيرات الكيماوية التي تحدث في بروتوبلاست الخلية خلال مراحل تكشفها. ويحدث في جدار الخلية تغيرات في السمك والشكل والتركيب الكيماوي لاسيما تواجد اللجنين أو الكيوتين أو السوبرين كما في بعض الخلايا، مثل عناصر الأوعية Vessel Members التي تتلاشى أجزاء من الجدر الفاصلة بين خلاياها المتتالية، أو تتكون صفائح غربالية Sieve Plates في أطراف عناصر الأنابيب الغربالية Sieve tube Elements وكذلك التغير في شكل الخلية وحجمها. ومن الاختلافات الواضحة التي تظهر في الخلايا المتميزة؛ الزيادة غير المتساوية في الحجم، فبعض الخلايا تزداد بمقدار ضئيل بينما البعض الآخر يزداد بدرجة كبيرة. ويتضح التباين في حجم النمو من استطالة خلايا الكامبيوم الأول Procambium بينما تتوقف الاستطالة في الخلايا المجاورة لكل من القشرة والنخاع. هذه التغيرات وغيرها، تجعل الخلايا البالغة مختلفة في صفاتها عن أصولها التي نتجت عنها.

ولقد أظهرت البحوث عديدة من الأمثلة التي توضح التميز في النباتات مغطاه البذور والتي يتضح منها غموض هذه العملية وتعدد مراحلها. ومن الأمثلة على ذلك ما يأتي :

- ١ - المرستيم القمي للساق يملك امكانية تكوين الأوراق والبراعم والأزهار بالإضافة الى الأعضاء المحورة مثل المحاليق والأشواك، ويمكن مشاهدة بداياتها عند مراحل نشوئها. هذه البدايات، رغم أنها تنشأ من مرستيم واحد، فان نواتج تميزها تنوع في أشكالها وتركيبها وحتى ألوانها.
- ٢ - خلايا الكامبيوم الوعائي مغزلية الشكل Fusiform Initials ينتج عن مشتقاتها خلايا متنوعة في شكلها وتركيبها مثل الأنابيب الغربالية والأوعية والقصبيات والألياف. كما تنقسم أيضا لتكون عنها بداءات الأشعة Ray Initials.
- ٣ - عند تكوين الثغور في الورقة، تنقسم خلية سطحية انشائية فينشأ عنها خلية صغيرة ذات سيتوبلازم كثيف وأخرى كبيرة. الخلية الصغيرة تنقسم ثانية فتنشأ

خليتان متماثلتان كل منهما تصبح خلية حارسـة Guard Cell ذات تركيب متميز عن بقية الخلايا المجاورة لها.

٤ - في نوع من نبات البيجونيا Begonia توجد بقع فضية اللون على سطح الورقة. وتتكشف شعرة واحدة في كل بقعة كبيرة بينما لا تتكون في الصغيرة والمعجب أن الشعرة يزداد طولها كلما كانت البقعة الفضية أكبر.

٥ - لقد أتضح أن موقع الخلية في جسم النبات يعتبر عاملا أساسيا في تحديد نوعية تميزها. فمثلا، خلايا البشرة في الورقة التي تتكون عنها شعور في نبات تباع الشمس تتبع مسار العروق Veins. وفي أوراق البشنين Nymphaea تتكون اسكلريدات في المناطق الواقعة تحت الثغور.

٦ - في بعض الجذور يسبق تكوين الشعرة الجذرية، انقسام في بعض خلايا البشرة ينتج عنه خليتان شقيقتان احدهما صغيرة تجاه طرف الجذر والأخرى كبيرة تجاه القاعدة. والخلية الصغيرة تستمر في النمو مكونة شعرة جذرية بينما الأخرى تضم الى نسيج البشرة.

٧ - خلال تميز بارنكيا البناء الضوئي في النسيج المتوسط للورقة، تأخذ هذه الخلايا صفات مختلفة عن أصولها المرستيمية. والصفة الأكثر وضوحا هي تكوين البلاستيدات الخضراء. ومع هذا، فإن هذه الخلايا يمكن أن تنبه لاستئناف نشاطها المرستيمي، عندما تجرح الورقة، فتقوم بتكوين طبقة واقية.

يتضح مما تقدم أن التميز في الخلايا يمثل إحدى النواحي الغامضة زائدة التعقيد في النباتات مغطاة البذور حيث تنوع الأنسجة في التركيب والوظيفة رغم أصولها الوراثة المرستيمية المتأثلة.

اجمالا للقول يمكن اعتبار التميز إحدى العمليات الحيوية الهامة التي تحدث في مشتقات الخلايا المرستيمية فتحدث فيها تغيرات تدريجية مورفولوجية فسيولوجية، تؤدي الى تكوين خلايا ناضجة متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة، تتكون منها الأنسجة المختلفة في جسم النبات. وإن أهم ما يتميز به التميز هو تنوع تركيب الخلايا وشكلها ووظيفتها رغم تماثلها في التركيب الوراثي ونشأتها عن أصول واحدة.

انتظام الخلايا أثناء النمو

نتيجة لنمو جذر الخلايا المتجاورة أثناء تكوين نسيج ما تحدث تغيرات في صلات الخلايا بالنسبة لبعضها البعض. وقد يؤثر هذا التغير على جميع سطوح الخلية أو مواضع منها فقط. والزيادة في حجم الخلية قد تكون منتظمة نسبيا، أو يزداد الحجم في اتجاه ما

أكثر منه في اتجاه آخر، وبذلك تكتسب الخلية شكلا جديدا قد يختلف بدرجة واضحة عن أصولها المرستيمية مثل ألياف اللحاء والاسكريدات المتفرعة وبارنكيا التهوية. وهذه التغيرات تؤدي الى تغيرات في صلات الخلايا ببعضها البعض.

وقد تنمو جدر الخلايا المتجاورة الفتية، نموًا يشملها جميعا مع توافق في الشكل فلا يحدث انفصال بينها ولا يتغير نظام اتصالها، أو تنشأ صلات جديدة، وتوائم الخلايا بين أشكالها وحجومها والضغط التي تنشأ عن نموها. ويعرف هذا النوع من النمو بالنمو الجماعي أو التوافقي Symplastic growth. ويوجد النمو التوافقي في الاعضاء الأخذة في الاستطالة خلال نموها الابتدائي، ونمو الخلايا الناتجة عن المرستيم القمي.

النوع الثاني للتنظيم الخلوي يسمى النمو التغلغل أو الانحشاري Intrusive growth يتضمن تغلغل أو بروز أطراف الخلايا بين الخلايا المتاخمة، أي أن النمو يكون موضعيا في أجزاء الجدر الخلوية وليس شاملا. هذه الحالة تنشأ مواضع التقاء جديدة بين الجزء المستحدث والخلايا المتجاورة. ويحدث هذا النمو أثناء استطالة بعض الخلايا مثل بداءات الكامبيوم واستطالة الألياف وكذلك القصبيات.

من الأمثلة المعروفة عن النمو التغلغل، استطالة التي تحدث في القصبيات الثانوية - Secondary tracheids لبعض النباتات الخشبية من العائلة الزنبقية Liliaceae حيث يبلغ طولها حوالى ١٥-٤ مرة قدر أصولها المرستيمية.

ومن الأمثلة البارزة أيضا لهذا النمو تكوين خلايا الحليب النباتي Latex في العائلة العشارية Asclepiadaceae إذ يستمر امتداد أطرافها لمسافات طويلة في جسم النبات متغلغلة بين الخلايا وتتفرغ فيما بين أنسجته. ويبدو أن المادة البينية التي تلتصق الخلايا معا إما أن تتغير أو تزول في مواجهة امتداد أطراف الخلايا، وبذلك تنفصل جدر الخلايا المتلاصقة عن بعضها مثلما يحدث عند تكوين المسافات البينية، كما تتمزق الروابط البلازمية في مواجهة أطراف الخلايا النامية، وتتفرق الرقعات النقرية الابتدائية، وتظهر النقر الزوجية أخيرا في الجدر التي تلاصقت نتيجة للنمو التغلغل.

ولقد تصور علماء النبات الأوائل حدوث نمو انزلاقي Gliding growth في عملية انتظام الخلايا أثناء استطالتها أو زيادتها في الاتساع جانبيا. والمقصود بالنمو الانزلاقي أن جزءا كبيرا من جدار خلية ما، غير طرفها، يزداد في المساحة أثناء نموها وينزلق على جدر الخلايا المتلاصقة وبذلك تنشأ مساحات اتصال جديدة لم تكن موجودة أصلا بين الخلية النامية والخلايا المجاورة. ويعتمد التمييز بين النمو الانزلاقي والانحشاري على تحديد الجزء الذي ينمو من الخلية، فإذا كان النمو طرفيا ونشأت مواضع التقاء جديدة بين الجزء النامي والخلايا المجاورة اعتبر ذلك انحشاريا. إما إذا كان النمو شاملا لجزء كبير من جدار الخلية غير طرفها كان النمو انزلاقيا.

الفصل الحادى عشر

THE PERMANENT TISSUES

الأنسجة المستديمة

- ألياف الخشب	- البارنكيا
- بارنكيا الخشب	- الكولنكيا
- التيلوزات	- الاسكلرنكيا
- اللحاء	- الأنسجة الوعائية
- الأنابيب الغربالية	- الخشب
- الخلايا المرافقة	- العناصر الناقلة
- بارنكيا اللحاء	- الأوعية
- ألياف اللحاء	- القصبيات

الفصل الحادى عشر الأنسجة المستديمة

THE PERMANENT TISSUES

PARENCHYMA

البازنكيما

يدل مصطلح بارنكيما على نسيج بسيط غير معقد يتركب من خلايا حية بالغة تتباين في صفاتها المورفولوجية والفسيولوجية، قادرة على الانقسام، وعادة كثيرة الأضلاع، وجدرها ابتدائية رفيعة، تسمى الخلايا البارنكيمية. والنسيج البارنكيما هو المكون الرئيسى للنسيج الأساسى في جميع أعضاء النبات الزهرى، فيوجد في قشرة ونخاع السيقان، وفي قشرة الجذور، والنسيج المتوسط للورقة، واندوسبرم البذور، ولحم الثمار الطرية، والقشرة الثانوية والأشعة النخاعية. كما توجد الخلايا البارنكيمية أيضا في نسيجى الخشب واللحاء، فتلعب دورا هاما يرتبط بحركة الماء في العناصر الناقلة لنسيج الخشب ونقل الغذاء في العناصر الغربالية لنسيج اللحاء. أحيانا يضم النسيج البارنكيما أنواعا أخرى من الخلايا مثل الاسكلريدات التي توجد أحيانا في النسيج المتوسط للورقة، وفي النخاع وبارنكيما القشرة. كما توجد تراكيب الحليب النباتى Laticifers في مناطق مختلفة من الخلايا البارنكيمية. ومن ناحية النشوء التكوينى، تعتبر البارنكيما النسيج البدائى، فأجسام النباتات الأولية، مثل الطحالب Algae عديدة الخلايا والحزازيات Bryophytes تتركب أجسامها من خلايا بارنكيمية.

البارنكيما تعتبر غير متخصصة اذا قورنت بالعناصر الناقلة Conducting elements والألياف، ومع هذا يعتبر هذا النسيج مركزا هاما لكثير من العمليات الضرورية لحياة النبات مثل البناء الضوئى والتحول الغذائى والتنفس وتخزين المواد الغذائية المختلفة. ويتكون الكامبيوم الفلينى Phellogen والكامبيوم بين الحزم الوعائية Interfascicular من الخلايا البارنكيمية، كما تنشأ عنها الجذور الجانبية. وعند تكاثر بعض النباتات بالعقل، تكون جذور عرضية أو بدايات البراعم عادة من الخلايا البارنكيمية لهذه العقل.

الصفات العامة للخلايا البارنكيميّة

Protoplast

(١) البروتوبلاست

تحتوى الخلايا البارنكيميّة بصفة عامة، على بروتوبلاست نشط، تتوسطه فجوة عصارية كبيرة أو بضع فجوات. ويعتبر وجود هذا البروتوبلاست النشط من أهم الصفات التي تميز بها الخلايا البارنكيميّة، ولهذا فإنها تقوم بكثير من أهم العمليات الفسيولوجية في النبات مثل البناء الضوئي وتخزين الماء والغذاء بالإضافة الى مواد أخرى متنوعة.

زيادة على ذلك، فإن الخلايا البارنكيميّة تحتفظ بقدرتها على النمو والانقسام لعديد من السنين ويتضح ذلك مما يأتي :-

- ١ - استئناف النمو، فتتكشف الى اسكلريدات مختلفة الأنواع.
- ٢ - استئناف النشاط المرستيمي في الانقسام، مثلاً يحدث عند تكوين الكامبيوم الفليني Phellogen أو تكوين بدايات أعضاء جديدة مثل البراعم العرضية والجذور الجانبية. وعندما تسأنف الخلايا البارنكيميّة نشاطها المرستيمي فإن هذه الظاهرة تسمى إعادة التكشف Redifferentiation أى أن الخلايا تحولت من مرحلة النضج الى أخرى مرستيميّة، فتحدث فيها تغيرات مورفولوجية وفسيولوجية نتيجة لظروف معينة ينتج عنها تكوين أنسجة جديدة. والتنوع في محتويات الخلايا البارنكيميّة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالأنسجة التي تقوم بها هذه الخلايا.

The Cell Walls

(٢) جدر الخلايا

الخلايا البارنكيميّة عادة ذات جدر ابتدائية رفيعة تتركب أساساً من السيليلوز. ومع هذا، فإن بعض البارنكيا الاختزانية تكون جدرها ابتدائية سميكة، لترسب الهيميسيليلوز بالإضافة الى أساسها السيليلوزي، كما في اندوسبرم بعض البذور مثل البلع Phoenix والبن Coffea والكاسى Diospyrus. وفي بعض الأحيان تكون جدر الخلايا البارنكيميّة ثانوية سميكة وملجننة ذات نقر بسيطة كما في بارنكيا الخشب Xylem Parenchuma وأشعة الخشب Ray Parenchyma في الخشب الثانوي. وأحياناً، تكون خلايا النخاع سميكة غير ملجننة كما في نبات أبوفرو Castanea.

تتميز الجدر الرفيعة في الخلايا البارنكيميّة، باحتوائها على رقعات نظرية ابتدائية تمتد خلالها. وتكثر المسافات البينية في النسيج البارنكيمي، وتتراوح بين الدقيقة جداً والواسعة. ومع هذا، قد لا توجد مسافات بينية كما في اندوسبرم البلع والبن.

(٣) شكل الخلايا

Cell Shape

رغم أن الخلايا البارنكيمية توصف عادة بأنها متساوية الأقطار Isodiametric تقريبا، فإن الخلايا غير المتخصصة تكون متعددة السطوح ذات ١٤ سطحا Sided Polyhedra وتظهر في القطاع العرضي بشكل مستدير عادة وذات أقطار متماثلة تقريبا. ووجود المسافات البينية لاسيا الكبيرة، يقلل من عدد مناطق اتصال الخلايا، كما أن عدد أسطح الخلايا يرتبط بحجمها.

الخلايا الصغيرة ذات عدد أقل من الأسطح بينما الكبيرة تزيد عن ١٤ سطحا. وقد تستطيل الخلايا بدرجة ملحوظة كما في الخلايا العمادية للنسيج المتوسط في الورقة، أو تكون عديدة الأذرع مفصصة Lobed كما في البارنكيا النجمية الشكل Stallate paren- chyma بالنسيج المتوسط لورقة الكنا *Camna indica* أو نخاع ساق السمار *Juncus* حيث يكون للخلية ١٢ فزاعا، وتنفصل الخلايا عن بعضها بمسافات بينية واسعة. قد تكون الخلية طويلة ضيقة كثيرة الأذرع كما في الخلايا العمادية لورقة الزنبق *Lilium* أو خلايا الزهرة القرصية لنبات عنبر كاشميري.

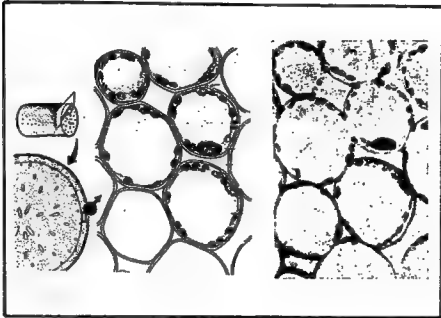
وخلايا النسيج البارنكيمي ليست كلها متماثلة تماما، وعادة توجد بعض الخلايا الصغيرة بين أخرى كبيرة القطر. وتؤدي كثرة المسافات البينية، خصوصا المسافات الواسعة، الى خفض عدد الأسطح في الخلايا البارنكيمية.

تصنيف البارنكيميا :

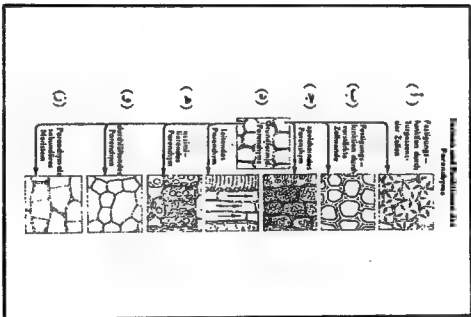
يمكن أن تصنف أهم الخلايا البارنكيمية إلى ما يأتي :-

أ - بارنكيميا البناء الضوئي Chlorenchyma وتتميز هذه الخلايا باحتوائها على البلاستيدات الخضراء، ولهذا فانها تنخصص في عملية البناء الضوئي وتعرف باسم الخلايا الكلورنكيمية Chlorenchyma نظرا لارتفاع نسبة الكلورفيل بها، وأكثر هذه الخلايا تخصصا هي الموجودة في النسيج المتوسط للورقة، كما توجد في الطبقات السطحية للسيقان العشبية والأجزاء الحديثة المعرضة للضوء في المجموع الخضري للنبات (شكل ٦٠هـ، ٦١).

ب - بارنكيميا التخزين Storage Parenchyma مخزن بروتوبلاست الخلايا كثير من المواد الغذائية المختلفة. ويحدث التخزين إما في السيتوبلازم في صورة أجسام صلبة أو سائلة، كحببيات الأليرون وقطيرات الزيوت والدهون. أو قد يصبح العصير الخلوي مستودعا من السكريات وغيرها من المواد الكربوهيدرات الذائبة والبروتينات (٦٠ ج).



(شكل ٢١): قطاعات مرئية في نبات القريب توضيح
بارزتها البنية الموضحة في نسيج القريب.



(شكل ٢١٠): قطاعات مرئية توضيح أنواع البنية الموضحة

يمثل النشا المادة الرئيسية المخزونة في سيتوبلازم الخلايا البارنكيمة في أعضاء التخزين الأرضية مثل الكورمات والدرنات، وفي سيتوبلازم خلايا فلقات بذور المحاصيل البقولية واندوسبرم حبوب القلال. وتخزن الزيوت والبروتينات في خلايا اندوسبرم أو أجنة بعض البذور. بعض الخلايا البارنكيمة، التي تختلف عن جارتها في الشكل، تخزن الدباغ في العنبر الخلوي فتسمى بالخلايا الدباغية أو التانينية Tan-niferous Cells وهذه الخلايا قد توجد مفردة أو في مجموعات أو يتكون عنها جهاز متصل في النبات. والخلايا المحتوية على الدباغ قد تنقسم تحت ظروف خاصة، وتخزن أيضا بلورات أكسالات الكالسيوم. وقد تحتفظ مثل هذه الخلايا بالبروتوبلاست وغيرها يموت فيها بعد تكوين البلورات.

تنخصص البارنكيما في بعض النباتات للقيام بتخزين الماء كما في الأعضاء الخضرية لكثير من النباتات العصيرية Cactaceae مثل الصبار Aloe والتين الشوكي Opuntia. وخلايا النسيج الخازن للماء تكون كبيرة الحجم، رقيقة الجدر، ذات فجوة عضارية كبيرة تحتوي على مواد مخاطية تساعد في زيادة قدرة الخلايا على امتصاص الماء والاحتفاظ به، ويوجد السيتوبلازم في صورة طبقة رقيقة جدارية ذات نواة. وتكون كثيرا هذه الخلايا متطاولة كالحلايا العمادية ومرتبعة في صفوف.

ج - بارنكيما التهوية Aerenchyma تتميز البارنكيما في النباتات المائية من مغطاة البذور بوجود مسافات بينية واسعة بين الخلايا، فيتكون عنها جهاز متصل يمتد بين الأوراق والجذور، وكثيرا يعبر هذا النسيج باسم بارنكيما التهوية. وتساعد المسافات البينية الممتلئة بالهواء على طفو النباتات المائية، ويرجع أنها تمثل جهازا لمقاومة الضغط التي تتعرض لها هذه النباتات في البيئة المائية (شكل ٦٠). وقد تنكسر خلايا القشرة البارنكيمة في جذور بعض نباتات العائلة النجيلية Poaceae والعائلة السعدية Cyperaceae تاركة فجوات كبيرة مرتبة قطريا أو مماسيا.

نشأة البارنكيما Origin of Parenchyma

وتنشأ البارنكيما المكونة للقشرة والنخاع والنسيج المتوسط للورقة من المرستيم الأساسي Ground meristem بينما تنشأ بارنكيما الأنسجة الوعائية الابتدائية من الكامبيوم الأول Procambium أما بارنكيما الأنسجة الوعائية الثانوية، فأنها تنشأ عن الكامبيوم الوعائي. وتتكون بارنكيما القشرة الثانوية Pheloderm عن نشاط الكامبيوم الفليني Phellogen.

الكولنكيما

COLLENCHYMA

تمثل الكولنكيما النسيج الدعامي الرئيسي في السيقان الخضراء وأعناق وأصصال أوراق كثير من النباتات ذات الفلقتين. وكثيرا يوجد هذا النسيج في صورة أسطوانة كاملة تحت البشرة، غير أنه في بعض السيقان وأعناق الأوراق، يوجد في صورة أشرطة يفصلها عن بعضها خلايا انتقالية نحو البارنكيما. ويندر وجود الكولنكيما في جلور وأوراق ذوات الفلقة الواحدة. ولقد استخدم اصطلاح كولنكيما لأول مرة الألماني Schleiden عام ١٨٣٩.

والكولنكيما تمثل نسيجا بسيطا رخوا غير أنه قوى، خلاياه حية، متطاولة قد يصل الطول الى حوالي ٢٠٥ ملليمتر، ذات جدر ابتدائية غير منتظمة السمك ولكنها غير ملبنة. يوجد تشابه بين هذا النسيج والنسيج البارنكيما في معظم صفاته، فخلاياه حية، ذات بروتوبلاست مستديم ونشط، لها القدرة على استئناف النشاط المرستيمي في الانقسام والنمو، وجدرها ابتدائية، وقد تحتوى الخلايا الكولنكيميكية على بلاستيدات خضراء.

وتختلف الكولنكيما عن البارنكيما، بصفة عامة، بجدرها السمكية غير المنتظمة السمك، وبأنها عادة أطول وأضيق من البارنكيما. هذه الخلايا متطاولة عادة في اتجاه المحور الطويل لعضو النبات، أطراف الخلايا عرضية أو مائلة وأحيانا مستدقة. وتسمى الوحدة التركيبية بالخلية الكولنكيميكية.

الصفات العامة للخلايا الكولنكيميكية

يتميز النسيج الكولنكيمي بنشأته المبكرة، واستدامة بروتوبلاست خلاياه، وملاءمته للتغيرات التي تحدث في أعضاء النبات التي تنمو بسرعة لاسيما الزيادة في الطول.

(١) جدار الخلية

يعتبر جدار الخلية مميزا رئيسيا للخلايا الكولنكيميكية، فهو ابتدائي سميك، إلا أنه غير منتظم السمك، ويتميز بشدة لمعانة في القطاعات العرضية للنماذج الطازجة. ويتركب الجدار أساسا من السليلوز، ويحتوى على نسبة مرتفعة من الهيميسليلوزات والبكتين، إلا أنه خال من اللجنين. ويتميز الجدار بمحتواه العالى من الماء والذي قد تصل نسبته الى أكثر من ٦٠٪ من الوزن الحى. ويرجع ارتفاع نسبة الماء في الجدار الى زيادة المواد البكتينية.

وينشأ جدار الخلية الكولنكيميكية في صورة طبقات غنية بالسليلوز وفقيرة في البكتين، متبادلة مع أخرى من السليلوز ذات محتوى عال من البكتين.

وهذه الطبقات تمتد حول الخلية بأكملها، ولكنها تكون سميقة حيث يبلغ التغلظ أقصاه في الجدار. ويزال التغلظ في الجدار حينما ينشأ الكامبيوم الفليني من الخلايا الكولنكيمية.

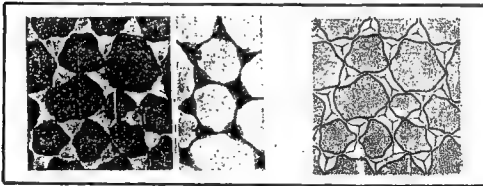
وتحدث الزيادة في سمك الجدار والرقعة السطحية أثناء نمو الخلية وقبل أن تستكمل استطالتها. ولقد لوحظ في بعض النباتات مثل الزيزفون *Tilia* والاسفندان *Acer campestre* ازدياد في حجم الخلايا تبعا للنمو الثانوي في السيقان، وتصبح الجدر أقل سمكا. وجدار الخلية الكولنكيمية لدن، قابل للتمدد يتلاءم مع النمو السريع. والزيادة في سمك الجدار تتركب أساسا من السيليلوز.

الطرز المورفولوجية للخلايا الكولنكيمية

تصنف الكولنكيا الى ثلاثة طرز طبقا لترتيب الخلايا وتوزيع المناطق السميقة في الجدر. وقد توجد الطرز في نفس شريط الكولنكيا مختلطة مع بعضها. وهذه الطرز هي:

أ - الكولنكيا الركنية Angular Collenchyma

وهي أكثر صور الكولنكيا شيوعا في النبات، وفيها الخلايا مرتبة بدون نظام. والزيادة في سمك الجدر تكون في صورة أشربة طويلة تشغل أركان الخلايا. المسافات البينية تكون دقيقة جدا أو معدومة. خلايا الكولنكيا الركنية تكون متطاولة، ذات أطراف مستدقة أو مائلة قد يصل طول الخلية الى حوالي ٢.٥ ملليمتر كما في جزر البقر *Heracleum* ومن أمثلة الكولنكيا الركنية ما يوجد تحت البشرة في كثير من السيقان مثل القرع *Cucurbita* شكل (٦٢)، والطماطم *Lycopersicon* واللوف *Luffa* والداليا *Dalia* وأعناق كثير من الأوراق مثل ورقة الداتورة *Datura* والكرفس *Apium graveolens*.



(شكل ٦٢): قطاعات عرضية في نبات القرع توضح الكولنكيا الركنية.

Tubular Collenchyma

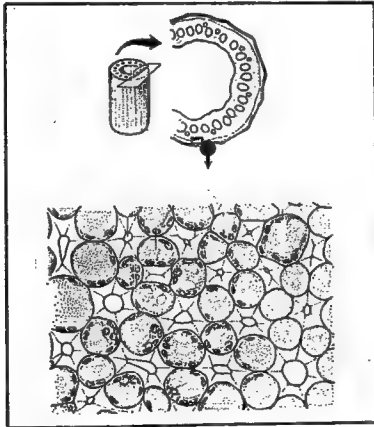
ب - الكولنكيا الأنبوبية

تعرف أيضا باسم الكولنكيا الفجوية Lacunate Collenchyma وتتميز بأن الزيادة في السمك تتركز في أجزاء الجدر التي تحيط بالمسافات البينية والتي تكون واضحة تماما. وتوجد الكولنكيا الأنبوبية في سيقان كثير من نباتات العائلة المركبة Asteraceae مثل جنس Petasites (شكل ٦٣) وجنس السالفيا Salvia والخطمية Althea والخبارى Malva وفي الجذور الهوائية مثل نباتات جنس Monstera.

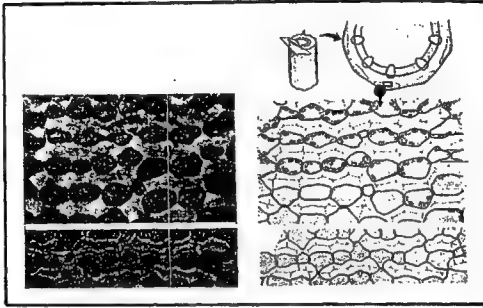
Lamellar Collenchyma

ج - الكولنكيا الصفيفية

توجد الخلايا مرتبة في صفوف مماسية، وتتركز الزيادة في السمك على الجدر المماسية في صورة صفائح رقيقة. والخلايا محكمة الترتيب فلا توجد بينها مسافات بينية، كما في سيقان نبات الكتان Linum وعباد الشمس Helianthus والبليلسان Sambucus (شكل ٦٤).



(شكل ٦٣): قطاع عرضي في جنس Petasites يوضح الكولنكيا الأنبوبية.



(شكل ٦٤): قطاع عرضي في نبات اليلسان يوضح الكولنكيميا الصفائحية.

(٢) شكل الخلايا

الخلايا الكولنكيمية دائما ذات شكل متطاوّل نوعا في اتجاه المحور الطويل لعضو النبات الذي توجد فيه. وتكون الخلايا الطويلة مستدقة من أطرافها وتتراكب فوق بعضها البعض مكونة أشربة تشبه الألياف، أما الخلايا القصيرة فإنها تكون منشورية. ويظهر كلا النوعان عديد الأضلاع في القطاعات العرضية. وقد يختلف شكل الخلية وحجمها في نفس شريط الخلايا.

في القطاعات الطولية، تشاهد جدر الخلايا ذات أجزاء سميكة وأخرى رقيقة تبعا لاتجاه القطاع بالنسبة للتخليط. والجدر الطرفية العرضية عادة رقيقة بينما المستدقة تكون سميكة. وتتراكب أطراف الخلايا فوق بعضها البعض الأمر الذي يؤدي الى زيادة تماسك الخلايا مما يكسب النسيج المتانة والمرونة المطلوبة.

(٣) محتويات الخلية

تحتوى الخلايا الكولنكيمية النامية النضج على بروتوبلاست، توجد به عادة بلاستيدات خضراء. قد تكثر هذه البلاستيدات في العدد أو تقل، وقد تنعدم تماما. بعض الخلايا في شريط الكولنكيميا قد يختلف في محتوياته عن غيره. وفي نبات الحميض Rumex يوجد دباغ في بعض الخلايا الكولنكيمية بينما تخلو منه بقية الخلايا.

(٤) توزيع الكولنكيا في جسم النبات

توجد الكولنكيا في أجزاء المجموع الخضري للنباتات العشبية ذوات الفلقتين التي لا يحدث بها نمو ثانوي. أو التي يكون فيها هذا النمو ضئيلا. وقد توجد الكولنكيا في نسيج القشرة في بعض الجذور المعرضة للضوء مثل جنس *Monstera*. ولا توجد الكولنكيا في سيقان وأوراق الكثير من النباتات ذات الفلقة الواحدة التي يتكشف فيها مبكرا أنسجة اسكلرنكيمية.

وتعتبر الكولنكيا نسيجا وظيفته الأولى التدعيم المؤقت. حيث يلبث أن يتحطم عند تكوين الأنسجة الثانوية في النبات. وتبقى الكولنكيا في حالتها الوظيفية العادية في السيقان العشبية الرخوة، والمتخشبة نوعا مثل البلارجونيوم *Pelargonium* والأعناق الرخوة مثل أعناق جنس *Solanum* والبيلسان *Sambucus*. ويتضح التوزيع في جسم النبات فيما يلي:-

- ١ - السيقان: توجد الكولنكيا في الأجزاء الخارجية من السيقان تحت البشرة مباشرة أو يفصلها عن البشرة صف أو أكثر من خلال بارنكيمية. وتشاهد الكولنكيا في هيئة أسطوانة كاملة تحت البشرة تتألف من بضع طبقات كما في تباع الشمس *Helianthus* والبيلسان *Sambucus* أو أشرطة منفصلة لاسيا في أركان السيقان المضلعة، مثل القرع *Cucurbita* والنعناع *Mentha* والأقحوان *Calendula*.
 - ٢ - عتق الورقة والنصل: تعتبر الكولنكيا النسيج الدعامي الرئيسي لأوراق النباتات ذات الفلقتين. ففي أعناق الأوراق، مثل حشيشة الدينار *Humulus* تكون الكولنكيا في هيئة أسطوانة كاملة تحت البشرة، أما إذا كان العتق مضلعا، مثل القرع، توجد الكولنكيا على هيئة أشرطة تحت بروزات العتق.
- وفي فصل الورقة، توجد الكولنكيا مصاحبة للعروق الكبيرة على سطحها كما في حشيشة الدينار والقرع، أو على سطح واحد يكون عادة السفلى. وقد تتكشف الكولنكيا أيضا على امتداد حافة النصل ويؤدي وجود الكولنكيا في النصل الى تدعيمه وتحول دون تمزقه.

(٥) علاقة تركيب الكولنكيا بالنسبة للوظيفة

الكولنكيا نسيج دعامي يجمع بين صفاته المتانة والمرونة فلا يعيق نمو الأعضاء التي يوجد بها، ويتلاءم مع التغيرات التي تحدث فيها خلال نموها. وتتضح علاقة تركيب الكولنكيا مع وظائفها فيما يلي:

- ١ - خلايا الكولنكيا تتميز بقدرة جدرها على الزيادة في السمك والرقعة السطحية

خلال نمو عضو النبات لاسيما في الطول. كما أن نشوء هذه الخلايا مبكرا يرجع أن الجدر تتميز بمرونة عالية خلال مراحل استطالة سلاميات الساق أو عنق الورقة، فالخلايا في السلاميات الصغيرة تكون أقصر بكثير منها في السلاميات الطويلة. وفي الأنسجة المسنة، تصبح جدر الخلايا أكثر صلابة مما كانت عليه في الأنسجة النامية.

- ٢ - تتجمع في جدر الكولنكيا صفات المتانة Tensile Strength بالإضافة الى المرونة العالية. ولقد ثبت أن أشرطة الكولنكيا في عنق ورقة الكرفس Apium Graveolens أقوى من النسيج الوعائي، وأكثر مقاومة لضغوط التكسر من الخزمة الرعائية كلها أو غطاء الخزمة. والمتانة التي تتميز الخلية الكولنكيفية بها تؤهل الأعضاء التي توجد بها المقاومة للضغوط التي تتعرض لها مثل الرياح الشديدة. ويرجع أن المتانة والمرونة التي تتميز بها الجدر الخلوية في الكولنكيا ترجع الى التركيب الطولي لسلاسل السليلوز التي تعطى متانة شد عالية. كما أن السليلوز غير المتبلور في الجدار الخلوي يحقق اتساعا في الجدار دون حدوث تكسر.
- ٣ - تلامص الخلايا وتراكيب أطرافها فوق بعضها البعض، وصغر أو انعدام المسافات البينية وتغلظ جدرها، كل هذا يميزها كنسيج تدعيمى.

SCLERENCHYMA

الاسكلرنكيميا

لقد اقترح Mattenius استخدام مصطلح اسكلرنكيميا عام ١٨٦٥ ليوضع طرازاً آخر من أنسجة التدعيم من خلايا عادة تكون عديمة البروتوبلاست عند نضجها، وجدرها ثانوية سمكية ملجننة. وهذا النسيج يدعم أعضاء النبات التي توجد به، فيكسبها القدرة على مقاومة الضغوط المختلفة التي تتعرض لها نتيجة للانشاء أو الاثقال أو الشد، دون أن يحدث لأنسجتها الأخرى أى ضرر.

وتتميز هذه الخلايا عن الكولنكيا بجدرها الصلبة الثانوية الملجننة، والتي تحتوى على نسبة ضئيلة من الماء. وغالبا تحلو الخلايا الاسكلرنكيفية من البروتوبلاست عند نضجها. وإذا وجد البروتوبلاست، فانه يكون غير نشط وليس قادرا على الانقسام والنمو. والجدر الخلوية غالبا تكون منتظمة السمك.

تظهر بين الخلايا الاسكلرنكيفية تنوعات في الشكل والحجم، ويمكن تميز نوعين رئيسيين من الاسكلرنكيا هما الاسكلريدات والألياف.

Scleroids

أ - الاسكلريدات

وهي خلايا اسكلرنكيفية، خالية من البروتوبلاست عندما يتم نضجها، جدرها

ثانوية سميقة ملحنته، أحيانا تكون الجدر مسورة أو مكوتنة، قد تكون غير منتظمة في السمك، أو رفيعة. وتحتوى الجدر على نقر صغيرة بسيطة، فجواتها في صورة قنوات ضيقة متفرعة واتحدت نقرتان أو أكثر مع بعضها وأصبحت تركيبا واحدا ذو أذرع مساوية لعدد النقر الأصلية له فتحة واحدة دائرية الشكل في تجويف الخلية. وهذه النقر تسمى بالنقر المتفرعة Ramiform pits.

وفي حالات قليلة جدا، تحتفظ الاسكريدات بالبروتوبلاست حيا لبضع سنوات كما في بعض السيقان والأوراق، أو لبضعة شهور كما في الاسكريدات الحجرية لأغلفة بعض الثمار مثل الكمثرى *Pyrus communis* (شكل ٦٥) والسفرجل *Cydonia Ob-longa* الاسكريدات الحجرية في ثمار السفرجل قد تدخل في عملية فقدان اللجنين *De-lignification* خلال مراحل نضج الثمرة، فيتناقص سمك الجدار تدريجيا ويختفى اللجنين وبالتالي تطمس النقر المتفرعة. وهذه التغيرات توضع وجود نشاط للبروتوبلاست بداخل هذا النوع من الاسكريدات.

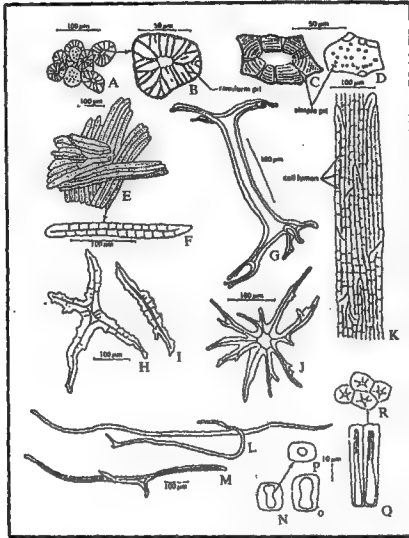
في كثير من الاسكريدات تمتلئ فجوة الخلية بترسبات من مكونات الجدار أو دباغ أو مواد مخاطية. وقد تحتوى الجدر أحيانا على بلورات مطورة فيها. وتجويف الخلية قد يكون ضيقا أو متسعا أو متفرعا.

ونظرا لسمك جدر الاسكريدات فانها تزيد من صلابة أغلفة بعض البذور مثل البقوليات والقطن *Gossypium spp.* والغلاف الداخلى لبعض الثمار مثل التفاح *Malus Sylvestris*.

توزيع الاسكريدات في النبات

توجد الاسكريدات في جميع أجزاء جسم النبات، غير أنها تكثر في القشرة والنخاع، وفي الثمار والبذور، فرادى أو في تجميعات صغيرة أو كبيرة (شكل ٦٥). يحتوى لحم كثير من الثمار مثل الكمثرى *Pyrus communis* والسفرجل *Cydonia oblonga* على اسكريدات حجرية تكون مفردة أو في مجاميع تتميز عن الخلايا المحيطة بشكلها وسمك جدرها. كما توجد في غلاف الثمرة الداخلى المحيط بالبذور في ثمرة التفاح (شكل ٦٥). ويتكون من الاسكريدات غطاء صلب في الثمار البندقة، وكذلك الغلاف الثمرى الداخلى المتخشب للثمار الحسلة مثل الخوخ *Prunus persica* والبرقوق *Peunus cerasif-era* والزيتون *Olea* والجوز *Juglans*.

وفي البذور توجد الاسكريدات في صورة طبقة كاملة تمثل البشرة في بذور العائلة البقولية *Leguminosae* أو في منطقة داخلية من القصيرة كما في بذور القطن (شكل ٧ أ). توجد الاسكريدات أحيانا في الساق على هيئة أسطوانة خارج الأنسجة الوعائية



(شكل ١٦): أنواع الاسكريدات

- A & B خلايا حجرية في الجزء اللحمي من ثمار الكمثرى.
- C & D اسكريدات في قشرة ساق نبات الشمع (هويا). منظر قطاعي (C) منظر سطحي (D).
- E & F اسكريدات من الطبقة الداخلية لغلاف ثمرة التفاح.
- G اسكريدات ذات نهايات متفرعة من النسيج الوسطي لنبات الهامى.
- H & I اسكريدات من عتق ورقة نبات الشاي.
- J اسكريدات نجمية من قشرة ساق نبات تروكوندرون.
- K طبقة من الاسكريدات من بشرة الورقة الحرسية لبصلة الثوم.
- L & M اسكريدات من النسيج الوسطي لورقة نبات الزيتون.
- N & P اسكريدات من طبقة تحت البشرة لقصرة بذرة الفاصوليا.
- Q & R اسكريدات هياكلية في بشرة قصرة بذرة الفاصوليا.

مثليا يوجد في نبات الشمع *Hoya carnoba* أو في صورة تجمعات في النخاع. وقد توجد أيضا على هيئة خلايا مفردة في القشرة والأنسجة الوعائية.

وتحتوى أوراق كثير من النباتات، لاسيما نباتات المناطق الحارة، على اسكلريدات قليلة أو كثيرة. وفي بعض الأحيان تتخلل الاسكلريدات النسيج المتوسط للورقة كما في الزيتون *Olea*. وفي حالات أخرى، تكون الاسكلريدات مركزة عند نهايات الحزم الوعائية كما في بعض نباتات العائلة السبذية *Rutaceae*. وتوجد الاسكلريدات أيضا في بشرة بعض التراكيب الورقية على هيئة طبقة جامدة كما في الأوراق الحرشفية لبصلة الثوم *Allium sativum* الأمر الذي يزيد من صلابتها. وقد توجد الاسكلريدات بجوار حافة الورقة كما في نبات الكاميليا *Camellia*.

تصنيف الاسكلريدات

تنسوع الاسكلريدات في الشكل والحجم وصفات جدرها، وصلتها بالخلايا المحيطة. وتصنف تبعاً للشكل الى عدة أنواع منها:

١ - الخلايا الحجرية «الصخرية» *Brachysclereids*
وهي اسكلريدات تتميز بأنها قصيرة غير متفرعة، متائلة الأقطار تقريبا وأحيانا غير منتظمة الشكل، جدرها سميكة جدا ملجننة، ذات نقر بسيطة متفرعة أو غير متفرعة (شكل ٦٥). وتوجد الاسكلريدات الحجرية مفردة أو متجاورة مع بقائها مفككة، أو يلتصق بعضها ببعض.

وتكثر الاسكلريدات الحجرية في لحم ثمار بعض النباتات مثل الكمثرى *Pyrus com-munis* والسفرجل *Cydonia oblonga* على هيئة تجمعات صلبة بين الخلايا البارنكيمية التي يتألف منها الجزء اللحمي من الثمرة. وقد توجد أيضا في القشرة واللحاء والنخاع في بعض السيقان.

٢ - الاسكلريدات العمادية *Macrosclereids*

وتعرف أيضا بالخلايا العصوية *Pod-cells* وهي خلايا متطاوله أسطوانية الشكل، توجد متراصة بجوار بعضها. وتشبه هذه الخلايا في شكلها، الخلايا العمادية في الورقة. تتميز هذه الخلايا بعدم انتظام جدرها في السمك، وهي زائدة التلجنن. يبلغ طول هذه الخلايا في البازلاء *Pea* حوالى ٦٠-١٠٠ ميكرون، وفي البرسيم الحجازى *Medicago sativa* حوالى ٤٠ ميكرون، وعرضها حوالى ١٠ ميكرون، وتجويف الخلية يكون ضيقا في جزئها الخارجى ويتسع تدريجيا تجاه جزئها الداخلى. ولا توجد مسافات بينية بين هذه الخلايا. وكثيرا توجد الاسكلريدات العمادية في قصرة البذور مثل العائلة البقولية

leguminosae (شكل ٦٥)، وقصرة بذور القطن *Gossypium* (شكل ١٧ أ)، والجوز المقىء *Strychnos nux-vomeca* كما توجد في أوراق بعض النباتات الصحراوية وقشرة بعض السيقان.

٣ - الاسكريدات النجمية *Astrosclereids*

وهي خلايا اسكلرنكيمية، غير منتظمة الشكل، متفرعة الى أذرع تشبه في شكلها النجم. وتوجد هذه الاسكريدات في أوراق كثير من النباتات الزهرية مثل الشاي *Camellia* (شكل ٦٥) والبشنين *Nymphaea* وغيرها. كما توجد في أوراق وسيقان النباتات الصحراوية.

٤ - الاسكريدات الشعرية *Trichosclereids*

خلايا على شكل شعور متفرعة، رقيقة الجدر تمتد هذه الاسكريدات الى المسافات البينية في أوراق وسيقان بعض النباتات المائية. كما توجد أيضا في الجذور الهوائية كما في نبات *Monstera*.

٥ - الاسكريدات العظمية *Osteosclereids*

وهي خلايا اسكلرنكيمية تشبه الأعمدة ذات نهايات متسعة أو مفصصة أو متفرعة. وتوجد هذه الاسكريدات في أغلفة بعض البذور وأوراق بعض النباتات ذوات الفلقتين لاسيا الصحراوية (شكل ٦٥).

أهمية الاسكريدات

الوظيفة الرئيسية للأسكريدات ميكانيكية، حيث تكسب الأجزاء التي توجد بها قوة وصلابة. وبعض الاسكريدات تقوم بوظيفة وقائية كما في بشرة بذور العائلة البقولية *Leguminosae*. وتزيد الاسكريدات من صلابة الأوراق الحرشية للأبصال، وأغلفة ثمار البندق، وأنواع من قلف الأشجار. كما تكسب الأوراق ولحم الثمار المتانة المطلوبة.

FIBERS

ب - الألياف

الألياف، خلايا اسكلرنكيمية شائعة في جسم النبات الزهري، تمثل أهم عناصره الميكانيكية. وعلى النقيض من الاسكريدات تتميز الألياف بأنها طويلة ونحيفة، يبلغ طولها عدة أمثال اتساعها، أطرافها مدببة عادة، وأحيانا يكون طرف أو طرفي الخلية متفرعا. وجدر الألياف تكون صلبة، ثانوية ملجننة وعادة بها مقدار ضئيل من الرطوبة، ومع هذا هناك ألياف تحتوى جدرها على نسبة عالية من السيلولوز وأخرى جيلاتينية الجدر. وفجوة الألياف ضيقة، تمتد بطول الخلية غالبا، وقد تغطي مناطق من الفجوة

أو تطمس الفجوة كلياً.

تحتوى جدر الألياف على نقر بسيطة صغيرة جداً مستديرة أو تشبه الشق في شكلها الخارجى، قليلة العدد عادة. وأحياناً، تكون النقر أثرية في الألياف ذات الجدر زائدة السمك.

وبعض الألياف تكون مقسمة بحواجز عرضية داخلية رقيقة من السليلوز، فتصبح عبارة عن صف من الخلايا، كما في العنب *Vitis* (شكل ٦٧ د) وتسمى حينئذ بالألياف المجزأة *Septate fibers*. وفي معظم طرز الألياف، يختفى البروتوبلاست عند تمام نضج الخلية، وقد تحتفظ بعض الألياف بالبروتوبلاست حياً لبضع سنوات.

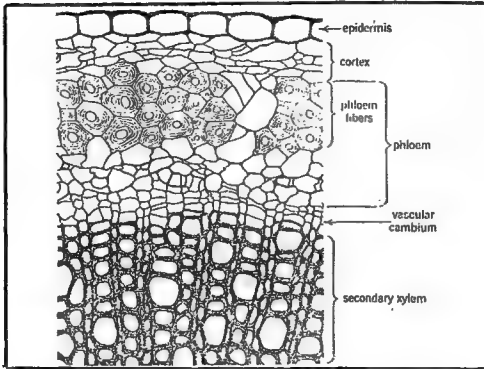
والألياف أهم أنواع الخلايا الميكانيكية التي توجد في النباتات البذرية. والمتانة التي تتميز بها الألياف والمرونة، تؤهلان الأعضاء التي تحتويها على مقاومة مجموعة من الضغوط التي تتعرض لها مثل أثر الرياح والجاذبية الأرضية، وغيرها. وأهمية الألياف كنسيج دعامي ترجع بصفة رئيسية إلى ترتيبها في أشرطة أو أسطوانات ليفية، وإلى تراكيب خلاياها وتداخلها. والألياف تكسب الأنسجة التي توجد بها متانة كافية.

وتوجد الألياف في كل أجزاء النبات في الأوراق والسيقان والجذور، وفي بعض الثمار مثل اللوف *Luffa* وجوز الهند *Cocos*. وتوجد أيضاً ضمن مكونات نسيج الخشب واللحاء، وكأغلفة أو قطنسوات مقترنة بالحزم الوعائية لاسيما في الأوراق، أو في هيئة حزم منفصلة أو أسطوانات في نسيج القشرة تمتد طولياً في عضو النبات.

ترتيب الألياف في النباتات ذات الفلقة الواحدة

١ - ترتب الألياف في سيقان معظم النجيليات على شكل أسطوانة جوفاء من بضعة صفوف من الألياف، قريباً من سطح الساق. وهذه الأسطوانة يمتد منها أذرع تتصل بالبشرة، وتحتوي أسطوانة من خلايا كلورنكيمية. وتحتوي الأسطوانة الليفية، في القمح *Triticum* والشوفان *Avena* على حزم وعائية جانبية مفقولة صغيرة الحجم. وفي سيقان الذرة *Zea* وقصب السكر *Saccharum* والذرة الرفيعة *Sorghum* توجد الألياف في هيئة غلاف مميز يحيط بالحزمة الوعائية، وقد تتحد أغلفة تحيط بالحزم الوعائية الخارجية معاً بغير نظام مكونة نسيجاً دعامياً.

٢ - في أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة، توجد الألياف في صورة أغلفة تحيط بالحزم الوعائية أو كأشرطة ممتدة بين الحزم الوعائية والبشرة، أو ممتدة تحت البشرة دون أن ترتبط بالحزم الوعائية.



(شكل ٦٦) : قطاع عرضي في ساق الكتان يوضح ألياف اللحاء الابتدائي لاحظ الكاسيوم الوعائي والحشب الثانوي الناتج من نشاطه.

ترتيب الألياف في النباتات ذات الفلقتين

توجد الألياف في سيقان بعض النباتات ذات الفلقتين مرتبة في هيئة أسطوانة كاملة قريبة من الحزم الوعائية، كما في البلارجونيوم *Pelargonium* وشرفايد *Loniera* وبعض نباتات العائلة القرنفلية *Caryophyllaceae* وغيرها. وقد توجد الألياف أيضا على جانبي الحزم الوعائية من الداخل والخارج كما في نبات عصا الراعي *Polygonum* والرواند *Rheum*.

وفي كثير من سيقان الفلقتين، مثل الكتان *Linum* (شكل ٦٦) والدفلة *Nerium*، توجد الألياف في صورة أشرطة عماسية الموضوح خارج اللحاء الابتدائي في الحزم الوعائية. وفي نباتات أخرى، مثل الرامي *Boehmeria* والبلوط *Quercus* والعنب *Vitis* توجد الألياف واضحة في اللحاء الثانوي.

ومن المواضع المميزة للألياف في مغطاة البلود، النسيج الوعائي، حيث تتوزع بنظم متنوعة في الخشب الابتدائي والثانوي. وقد يبلغ مقدار الألياف حوالي ٥٠٪ من خشب كثير من مغطاة البلود.

تصنيف الألياف

تصنيف الألياف تبعاً لموضعها في النبات الى مجموعتين كبيرتين:

١ - ألياف الخشب Wood fibers

٢ - ألياف خارج الخشب Extraxylary

Wood Fibers

(١) ألياف الخشب

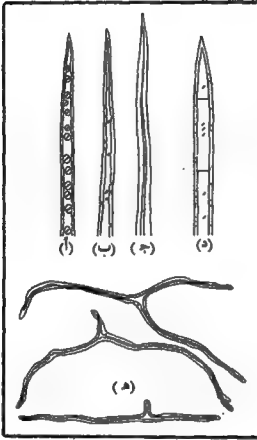
تمثل هذه الألياف جزءاً رئيسياً في نسيج الخشب الثانوي، وتنشأ من نفس النسيج المرستيمي الذي تنشأ منه بقية عناصر الخشب الأخرى. تختص هذه الألياف بالدعم وأحياناً تقوم بالتخزين. وتصنف هذه الألياف الى نوعين:

أ - قصيبات ليفية Fiber - Tracheids

ب - ألياف خشب لحائية Labriform Fibers

وهي تشبه في تركيبها ألياف اللحاء ولهذا سميت بهذه التسمية (شكل ٦٧ ب، ج). وتعتبر القصيبات الليفية متطورة عن قصيبات بدائية، أي أنها تمثل مرحلة انتقال بين القصيبات وألياف الخشب اللحائية. ويعتمد في التمييز بين القصيبات الليفية وألياف الخشب، بصفة خاصة، على سمك الجدار ونوع النقر والطول. ويوجد تدرج في سمك الجدار من الأقل سمكاً، وهي القصيبات، الى القصيبات الليفية، ومنها الى ألياف الخشب اللحائية وهي الأكثر سمكاً. أما من حيث النقر، فالتدرج يحدث من نقر مضغوطة في القصيبات الى نقر ضفائتها مختزلة، وغرفة النقرة صغيرة، وقناة النقرة طويلة في القصيبات الليفية. وفي ألياف الخشب اللحائية تكون غرفة النقرة مختزلة جداً وقناة النقرة على شكل قمع منضغط وبذلك تكون النقرة عديمة الضمة، ويمكن اعتبارها نقرة بسيطة. أما من حيث الطول، فمن الملاحظ في نسيج الخشب أن القصيبات تكون أقصر من ألياف الخشب اللحائية، أما القصيبات الليفية فانها تقع بين القصيبات وألياف الخشب اللحائية، أي أن الأخيرة تكون أكثر الخلايا طولاً في نسيج الخشب. ويرجع طول الألياف الى النمو الطولي الزائد الذي يحدث في أطرافها خلال مراحل تكشفها.

وقد يقوم كل من نوعي ألياف الخشب (القصيبات الليفية وألياف الخشب اللحائية) بتكوين جدر عرضية عبر تحوير الخلية، بعد أن تصل الى طولها النهائي وتستكمل جدرها الثانوية. وهذه الجدر العرضية تكون ابتدائية وغير ملجننة، وتسمى الحواجز Septa ولهذا فان الألياف تسمى الألياف المجزأة Septate fibers (شكل ٦٧ د)، والقصيبات الليفية تعرف بالقصيبات المجزأة Septate Fiber tracheids. والألياف المجزأة والقصيبات الليفية المجزأة واسعنا الانتشار في النباتات ذات الفلقتين، وعادة تحفظ



(شكل ٦٧): نهايات عناصر من الخشب الثانوي لنبات البلوط.

- أ - قصبة
- ب - قصبات ليفية
- ج - ليفة خشب لحائية
- د - ليفة مجزأة في نبات العنب.
- هـ - اسكلريدة خيطية في نصل ورقة الزيتون.

بالبروتوبلاست حيا لبعض الوقت في الخشب الرخو. والألياف المجزأة وبعضها غير المجزأة، تقوم بتخزين النشا والزيوت وغيرها، وبذلك فإن الألياف الحية تشبه بارنكيا الخشب في تركيبها ووظيفتها، لاسيما حينما تكون بارنكيا الخشب ذات جدر ثانوية ونشأت بها حواجز عرضية.

قد يحدث محور آخر في ألياف الخشب فتصبح من النوع الجيلاتيني نتيجة لتكوين طبقة داخلية من نوع خاص من السليلوز خالية من اللجنين على الجدر الثانوية، تجعل مظهرها جيلاتيني فتسمى ألياف جيلاتينية Gelatinous Fibers. ويوجد هذا النوع من ألياف الخشب في الخشب المقاوم Reaction wood الذي يتكون على الجوانب العليا للأفرع الخشبية المائلة.

Extraxylary Fibers

(٢) ألياف خارج الخشب

وهي الألياف التي توجد خارج نسيج الخشب، وتشمل الألياف التي توجد في اللحاء، وغيرها التي تحيط بمنطقة الحزم الوعائية، كما توجد في قشرة الساق والنسيج

التوسط للورقة. ويمكن أن تصنف هذه الألياف تبعاً لمناطق وجودها إلى الأنواع التالية:

- ١ - ألياف لحائية Phloic Fibers وتوجد في اللحاء الابتدائي والثانوي.
- ٢ - ألياف قشرية Cortical Fibers وتوجد في نسيج القشرة.
- ٣ - ألياف حول الحزم الوعائية Perivascular Fibers وتقع خارج المنطقة الوعائية في الساق وإلى داخل آخر طبقة من القشرة. وتنشأ هذه الألياف خارج اللحاء الابتدائي وكثيراً تسمى الألياف البريسيكليية Pericyclic fibers. وتتميز الألياف خارج الخشب بالصفات التالية:

أ - خلايا طويلة مغزلية الشكل ذات أطوال مختلفة. والنسبة بين قطر الخلية الليفيه وطولها قد تبلغ ١ : ١٠ أو ١ : ٢٠، وقد تصبح النسبة أقل كثيراً من ذلك. والخلية الليفيه في بعض الألياف الاقتصادية يتراوح طولها بالمليمتر في الكتان Linum بين ١١-٧,٥، والجوت Corchorus ٨، ٠-٦، وفي الرامي Boehmeria تتراوح بين ٥٠-٢٥٠ مليمتر. في السيسال Agave sisalana وهي ألياف ورقية، يتراوح طول الخلية الليفيه بين ٨-٨ مليمتر.

ب - أطرافها مستديرة غالباً، وقد تكون مدببة أو منتشعبة.

ج - الجدر غالباً سميك جداً، وتظهر مضلعة في القطاعات العرضية. وقد يبلغ سمك الجدر الثانوي للألياف اللحاء في الكتان حوالي ٩٪ من مساحة الخلية في القطاع العرضي. وتكون الجدر ملجننة غالباً، وقد تحتوي على نسبة قليلة من اللجنين. وبعض الألياف في ذوات الفلقة الواحدة تكون جدرها زائدة التلجنين.

وكثيراً يستخدم لفظ ليفة على تراكيب نباتية تتضمن أنواع أخرى من الخلايا بالإضافة إلى الألياف، وأيضاً على تراكيب ليست أليافاً على الإطلاق. فمثلاً، يطلق ألياف القطن على شعور القطن وهي عبارة عن نموات من بشرة غلاف البويضة الخارجى في بويضة القطن، والألياف الورقية في ذوات الفلقة الواحدة مثل السيسال Sisal وهي تشمل العناصر الوعائية، وألياف نخيل الرافيا Raphia palm وتشمل أجزاء من الورقة.

الألياف الاقتصادية Economic Fibers

لقد أمكن الانتفاع بالألياف النباتية في نواحي اقتصادية منذ عدة قرون. وتوضح بعض الأدلة أن شعر القطن قد استخدم فيها بين عام ٧٢٠٠-٥٢٠٠ قبل الميلاد في المكسيك، وأن الكتان والقنب قد زرعاً للألياف منذ حوالي خمسة آلاف سنة. وفي العصر الحالى، تستخدم نباتات تنتمى إلى ٤ فصيلة (عائلة) نباتية كمصدر للألياف النباتية. وبصفة عامة، تقع المحاصيل المنتجة للألياف في المرتبة الثانية بعد محاصيل الغذاء.

والليفه Fiber من الناحية الاقتصادية، ليست الخلية وأنها هي عبارة عن خيط ليفي يتركب من عدد من الخلايا اللبيفية ملتصقة معا في صف طولي. ولذا تعتبر الخلية اللبيفية هي الوحدة التركيبية، للآلياف الاقتصادية. وتسمى الآلياف التي يحصل عليها من سيقان وأوراق بعض النباتات بالآلياف التركيبية، وتصنف الى آلياف طرية وأخرى جامدة. ويحصل على الطرية من سيقان نباتات الآلياف مثل الكتان (شكل ٦٦) والجوت، بينما الجامدة من النسيج اللفي الوعائي لأوراق نباتات الآلياف مثل السيسال وقنب مانيللا Manilla kenp.

ويتفاوت طول الخلية اللبيفية في النباتات المختلفة. فمثلا، يتراوح طول الخلية اللبيفية بالمليمتر في آلياف الجوت بين ٨-٦؛ الكتان بين ٥-٧، والرامي بين ٥٠-٢٥٠. ومن ناحية أخرى، يبلغ طول اللبيفة في الكتان ٣٠-٩٠ سنتيمترا، والجوت ٥-١٠ أقدام، وقنب مانيللا ٦-١٠ أقدام، والسيسال حوالي ٤ أقدام. ويتوقف طول اللبيفة في كل من السيسال وقنب مانيللا، الأول على طول نصل الورقة، والثاني على طول غمد الورقة.

شعر القطن Cotton lint يمثل نوعا من الآلياف السطحية. وتنشأ الشعرة نتيجة لاستطالة الجدار الخارجى لخلية ما من خلايا بشرة غلاف البويضة الخارجى. والشعرة الناضجة عبارة عن أنبوبة طويلة ملتوية بها فجوة وسطية على هيئة قناة تمتد بطول الشعرة. وجدار الشعرة سميك يحتوى على حوالى ٩١٪ سليولوز، وتكسوه أدمة من مواد كيتينية وصمغية وبكتينية. ويحتوى القطاع العرضى للشعرة على حوالى ست ملايين لويضة.

ويمثل الحرير النباتى المعروف تجاريا باسم شعر الكابوك Kapok نوعا آخر من الآلياف السطحية، يحصل عليه من ثمار نبات قطن الحرير Ceiba pentandra. وهذا الشعر خفيف ولاصق، أبيض غالبا، ويتراوح طول الشعرة بين $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ بوصة. والشعرة وحيدة الخلية، أسطوانية الشكل وطرفها مدبب ويوسطها فجوة واسعة تمتلئ بالهواء. وتنتج الشعرة عن نمو خلية واحدة من خلايا بشرة الجدار الداخلى للمبيض.

THE VASCULAR TISSUES

الأنسجة الوعائية

يتألف الجهاز الوعائى Vascular system في النباتات مغطاة البذور من نسيجي الخشب Xylem واللحاء Phloem. يمتد هذا الجهاز في جميع أعضاء النبات ويمثل جزءا رئيسيا فيها. ويعتبر وجود الجهاز الوعائى خطوة هامة في تطور المملكة النباتية أدت الى

نجاح وبقاء أعداد كبيرة من النباتات في بيئة الأرض.

ولقد أدخل Nagelli في عام ١٨٥٨ مصطلحي Phloem و Xylem ليدلا على نسيجي الخشب واللحاء اللذان يتألف منهما الجهاز الوعائي. ويحافظ النبات على امتداد الجهاز الوعائي في جسمه الابتدائي بالزيادة المستمرة في مكوناته نتيجة لنشاط المرستيمين القمين للساق والجذر وفروعها.

يتركب كل من هذين النسيجين، في مغطاة البذور، من بضعة أنواع من الخلايا، تختلف عن بعضها في الشكل والتركيب والوظيفة.

XYLEM

الخشب

الخشب هو النسيج الأساسي الناقل للماء وما به من أملاح ذائبة، ويكون مع الحاء، الجهاز الوعائي الممتد في جسم النبات. ويقوم الخشب أيضا بتدعيم جسم النبات وتقويته. نسيج الخشب الذي يتكون في الجسم الابتدائي للنبات يسمى الخشب الابتدائي Primary xylem ويتكشف نتيجة لنشاط خلايا الكامبيوم الأول - Procambium - في سيقان وجذور النباتات ذات الفلقتين التي يحدث منها نمو ثانوي، بعد أن يستكمل عضو النبات مرحلة النمو الابتدائي، ينشأ الخشب الثانوي Secondary xylem نتيجة لتكشف مشتقات بداءات الكامبيوم الوعائي Vascular Cambium.

والخشب من الناحية التركيبية، نسيج معقد يتألف من بضعة أنواع من الخلايا، بعضها حي والبعض الآخر غير حي. وأكثر خلايا الخشب أهمية هي العناصر الناقلة التي تقوم بنقل الماء والمواد الذائبة فيه مابين الجذر وبقية أجزاء النبات، لاسيما الأوراق، كما يقوم أيضا بوظيفة التدعيم. ويشمل هذا النسيج نوعان من الألياف للتدعيم، وخلايا بارنكيمي متنوعة ومتخصصة في التخزين والتوصيل.

TRACHEARY ELEMENTS

العناصر الناقلة

وهي أكثر مكونات الخشب تخصصا وتقوم بنقل الماء والمواد الذائبة فيه من الجذر الى بقية أجزاء النبات. تتميز العناصر الناقلة بخلوها من البروتوبلاست عند النضج، كما أن جدرها تكون ثانوية سميكة ملجننة. وتترسب مكونات الجدار الثانوي في طرز متنوعة مثل الحلقي Annular والحلزوني Spiral والسلمي Scalariform. والقر في جدر العناصر الناقلة للماء تكون غالبا مضافوفة Bordered pits. وتشمل هذه العناصر، في الغالبية العظمى من مغطاة البذور الأوعية والقصيات.

(١) الأوعية

Vessels

تمثل الأوعية إحدى الصفات الهامة المميزة لنسيج الخشب في الغالبية العظمى للنباتات مغطاة البذور. وتوجد بضع عائلات بدائية تتبع الرتبة الشقيقة Ranaless مثل Winteraceae, Tetracentraceae, Trachodendraceae Lemnaceae, في عدد من عائلات نباتات البيئة المائية مثل, بالإضافة لذلك, ceratophyllaceae, Nymphaeaceae لا توجد أوعية في نسيج الخشب. بالاضافة لذلك, فان بعض عائلات ذوات الفلقة الواحدة مثل العائلة الأرزمية Alismaceae لا توجد أوعية في الأوراق والساقات وإنما توجد في الجنور, كما أن معظم النباتات المتطفلة يتخلو الخشب فيها من الأوعية. الأوعية قد يتكون منها الجزء الأكبر من نسيج الخشب كما في بعض الأشجار مثل الحور Populus والزيفون Tilia وكثير من المتسلقات والأعشاب. أحيانا, بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين يحتوى الخشب فيها على عدد قليل من الأوعية أو يتخلو منها كما في العائلة الشوكية Cactaceae. لقد عرف وجود الأوعية في بعض مغطاة البذور في حوالى منتصف القرن التاسع عشر.

والوعاء تركيب أنبوى يمتد طويلا في النبات ويسمح للسوائل بالمرور خلاله دون أى عائق. ويتركب الوعاء من صف واحد من خلايا مرتبة رأسيا تعرف باسم وحدات الأوعية Vessel members. وتحاوي هذه الوحدات متصلة تماما بعضها مع بعض ومكونة مع جلدوها تركيبا أنبويا.

والوحدات المكونة للوعاء تكون عادة متطاولة, طولها حوالى سبعة أمثال قطرها, أحيانا كما في جنس القرع Cucurbita والبلوط الأبيض Quercus Alba تكون وحدات الوعاء قصيرة تشبه في شكلها الطبلية. وقد تتراكب نهايات وحدات الأوعية فوق بعضها البعض. والوحدات الناضجة تكون خالية من البروتوبلاست. ويختلف طول وحدة الوعاء في أى نوع من النباتات وحتى في أجزاء نفس الشجرة. والوحدات التي تتكون مبكرا تكون أقل طولاً من التي تتكون في مرحلة متأخرة من حياة النبات, كما أن النباتات بطيئة النمو تكون غالبا أقل طولاً من السريعة. ووحدات الوعاء التي طولها أقل من ٣٥٠ ميكرون في ذوات الفلقتين, مثلاً تعتبر قصيرة, أما التي يزيد طولها عن ٨٠٠ ميكرون تعتبر طويلة.

والجدر الفاصلة بين وحدات الأوعية في مغطاة البذور تكون غالبا أفقية, وقليلاً تكون مائلة. ويتميز الجدر بوجود فتحة أو أكثر يسمى كل منها ثقب Perforation يسمح بمرور الماء من وحدة إلى أخرى دون أى عائق. والوحدة الطرفية للوعاء تنتهى بجدار

خال من الثقوب. الجدار المثقب بين وحدتين وعائيتين متاليتين يسمى الصفحية المثقبة. Perforation plate (شكل ٦٨ ب). في معظم ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة تحتوي الصفيحة المثقبة على ثقب واحد فتسمى بسيطة الثقب Simple perforation plate. هذا الثقب يكون غالبا دائري الشكل، يشغل معظم الجدار المستعرض، الذي يحتل في هذه الحالة، الى حافة ضيقة. وإذا احتوت الصفيحة على أكثر من ثقب سميت عديدة الثقوب Multiple perforation plate. قد تكون الثقوب ضيقة في الصفيحة عديدة الثقوب على هيئة شقوق متطاولة مرتبة في تتابع متوازي، ويفصلها عن بعضها البعض عوارض جدارية ضيقة فتسمى الصفيحة عندئذ سلمية الثقوب Scalariform perforation plate. وهناك نوع آخر من الصفائح عديدة الثقوب يسمى الشبكي Reticulate perforation plate تكون الثقوب فيه عديدة وصغيرة يفصلها عن بعضها البعض عوارض جدارية شبكية. وغالبا تكون الصفائح الأفقية بسيطة الثقب بينما المائلة شبكية، مع وجود شواذ كثيرة.

وأكثر أنواع الصفائح المثقبة شيوعا هي السلمية والبسيطة، والطراز الشبكي غير شائع. ويعتبر النوع السلمى بدائى بينما وحيدة الثقيب تعتبر راقية. وجزء الصفيحة المتبقى بعد حدوث الثقيب يسمى حافة الثقب Perforation rim. تتفاوت هذه الحافة في الاتساع تبعا للنوع النباتي بين العريضة في صورة حزام والضيقة والتي يتعدى تميزها، وتشبه هذه الحافة في تركيبها الجدر الجانبية لوحدة الوعاء، قد يحتوي النوع أو الجنس على أوعية ذات نوع واحد من الثقوب أو نوعان، وفي هذه الحالة الأخيرة تكون الأوعية الواسعة بسيطة الثقب أما الضيقة فتكون سلمية.

ومن الصعب تحديد الطول الحقيقي للوعاء، فالأوعية تتفاوت في الطول تبعا لنوع النبات، ونوع الخشب، وموقعه وسرعة النمو. وقد يكون الوعاء قصيرا جدا لا يزيد طوله عن بضعة سنتيمترات وقد يكون طويلا يصل الى بضع أمتار في نسيج الخشب. وفي النباتات المتسلقة والأشجار، مثل شجرة البلوط Quercus يصل طول الوعاء الى حوالي مترين.. وغالبا، لا يتجاوز طول الوعاء مترا واحدا، وكثيرا يقل عن متر. ورغم ان الأوعية أكثر اتساعا من القصبيات، فهناك أوعية ضيقة يتراوح قطر الوعاء فيها بين ٢٠-٤٠ ميكرون، وقد يزيد قطر الوعاء عن ملمتر بقليل. والأوعية الواسعة تتميز بها بعض النباتات مثل السنذرة الشامية Zea وكثير من الكروم (حوالي ٧٠٠ ميكرون) والمتسلقات الخشبية وبعض الأشجار مثل البلوط Quercus ولسان العصفور Fraxinus والكستناء Castanea.

ومن المشكوك فيه أن تمتد الأوعية من الجذر الى قمة الساق في أى نبات، فالعناصر

السوعية تنفرع في بعض مناطق جسم النبات لاسيما عند عقد الساق ونصل الورقة، وعند تفرعات الجذر، كما تتداخل معا الأمر الذي يجعل امكانية تحديد طول الوعاء أمرا متعذرا .

تركيب الجدار الثانوى في الوعاء

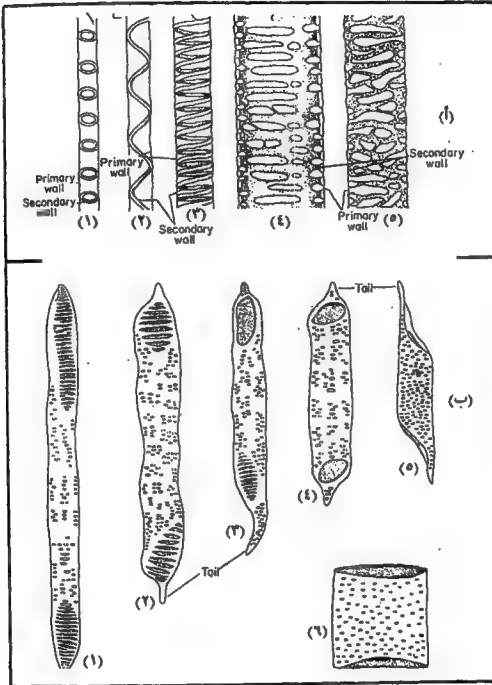
يتركب الجدار الثانوى لعناصر أوعية الخشب الناقلة للماء من السليلوز واللجنين . ولاتضاف المواد الجدارية بصورة منتظمة على الجدار الابتدائى ، وانما وفق طرز مختلفة . والجدار الثانوى يغطى مساحات قليلة في العناصر التي تتكشف أولا ، ثم تتزايد هذه المساحة تدريجيا مع تكشف بقية العناصر .

ففي الخشب الابتدائى ، الجدار الثانوى في العناصر التي تتكشف أولا ، يترسب في شكل حلقات منفصلة ثم حلزون واحد أو أكثر ثم في شكل سلمى . تعرف هذه التغلظات الجدارية على التوالى باسم الحلقي Annular thickening والحلزوني Spiral thickening والسلمى Scalariform thickening (شكل ٦٨ أ) . وتتميز آخر الأوعية تكشفها في الخشب الابتدائى وفي الخشب الثانوى بأن الجدار الثانوى لها يغطى الجدار الابتدائى ، الا في مواقع النقر، ويعرف هذا النوع من التغلظ بالمنقر Pitted . وليس من الضروري أن توجد جميع الطرز السابقة لتغلظات الجدار الثانوى في كل نبات ، كما قد توجد أوعية ذات تغلظات انتقالية بين طراز وآخر، أو يوجد أكثر من طراز في نفس الوعاء وحتى في نفس عنصر الوعاء، كوجود الحلقي مع الحلزوني أو السلمى . وتختلف الحلقات والحلزونات في السمك . وقد تكون بعض الحلزونات ذات تجويف عميق لدرجة تبدو مزدوجة ، وأحيانا يوجد أكثر من حلزون في وحدة الوعاء .

ومعظم النقر في الجدر الجانبية للأوعية تكون مصفوفة، وأحيانا تحترق الجدر على نقر نصف مصفوفة أو بسيطة . وليست جميع النقر الموجودة بجدار وحدة الوعاء من نوع واحد، فنادرا يحدث ذلك . وتوجد نقر زوجية مصفوفة في الجدر الجانبية لوحدة الأوعية المتجاورة بينما تكون النقر زوجية بسيطة أو زوجية نصف مصفوفة في الجدر بين العناصر السوعية والخلايا البارنكيمي . وفي الحالة الأخيرة تقع النقرة المصفوفة في جدار وحدة الوعاء بينما البسيطة في جدار الخلية البارنكيمي . وإذا كانت هذه العناصر ملاصقة للألياف ، فإن النقر تكون غالبا غير موجودة في كل من جدارى الوعاء والألياف ، وإن وجدت تكون قليلة العدد وصغيرة الحجم .

النشوء التكوينى للوعاء Ontogeny of a Vessel

ينشأ الوعاء من تطور صف طولى من خلايا مرستيمية كل منها عبارة عن بداية لوحدة



(شكل ٦٨): أ - طرق التغليظ الشائى في عناصر الخشب الناقلة - (١) تغليظ حلقي، (٢)

حلزوني، (٣) حلزوني كثيف، (٤) سلمى، (٥) شبكى.

ب - طرز الأوعية (١، ٢) صفيحة سلمية التثقب، (٣) وحلة وعاء ذات صفيحة

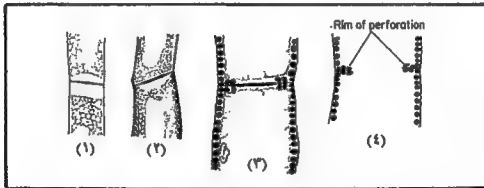
بسيطة التثقب وأخرى سلمية التثقب، (٤ - ٦) صفائح بسيطة التثقب.

وعائية Primordial Vessel member سواء من الكامبيوم الأول Procambium بالنسبة للخشب الابتدائي أو من مشتقات خلايا الكامبيوم الوعائي بالنسبة للخشب الثانوي (شكل ٦٩)، وذلك بالتحام أطرافها بعضها مع بعض في الأدوار الأولى للنمو.

بعد هذه المرحلة الانشائية، تأخذ بدايات الوحدات الوعائية في الاستطالة، وعادة تتسع جانبياً بدرجة كبيرة. قد تزداد بدايات وحدات الأوعية ذات الثقوب السلمية Simple perforation والبسيطة Scalariform perforation أكثر من غيرها في الطول، ويتكون عن أطرافها بروزات على شكل ذيل يتوغل بين الخلايا المحيطة. ووحدات الأوعية التي سوف تكون كبيرة القطر تزداد بداياتها بدرجة كبيرة. ويبقى بروتيولاست وحدة الوعاء نشيطاً طوال فترة زيادتها في الحجم.

وبعد أن تصل البدايات إلى حجمها النهائي يبدأ البروتيولاست في ترسيب مكونات الجدار الثانوي على جدرها الابتدائية طبقاً للطابع المميز لها. وأجزاء الجدار الابتدائي للحواجز العرضية الفاصلة بين الوحدات التي مستكون فيها الثقوب، لا ترسب عليها مكونات الجدار الثانوي. ومع هذا، فإن هذه الأجزاء تكون عادة أكثر سمكاً من بقية الجدار الابتدائي، ويرجع ذلك إلى انتفاخ الصفيحة الوسطى فيها. هذه المناطق المنتفخة تلتبث أن تنكسر حيث تتكون الثقوب بعد أن يتم نضج الجدار الابتدائي، وأحياناً بعد أن يكون الجدار الثانوي قد تكون جزئياً أو كلياً.

وعملية إزالة مادة الجدار الابتدائي في منطقة الثقب ليست معروضة على وجه الدقة



(شكل ٦٩): رسوم تخطيطية تبين طريقة تكوين الصفيحة المثقبة في الجدار الفاصل بين وحدتين وعائيتين متتاليتين طولياً في ساق نبات الكرفس. لاحظ بداية انتفاخ المادة البينية في الجدار العرضي الفاصل بين الوحدتين (١، ٢). ازدياد انتفاخ المادة البينية مع ترسيب الجدار الثانوي، (٣) اختفاء الجدار الفاصل بين الوحدتين مع وجود حافة الثقب واختفاء البروتيولاست (٤).

تماما، وإن كان من المرجح أن بروتوبلاست وحدة الوعاء يقوم بإزالة مكونات الجدار في هذه المناطق. وربما تذوب المكونات غير السليولوزية بينما لويقات السليولوز الدقيقة تدفع جانبا من مكانها إلى حافة الثقب.

وبعد تكوين الجدار الثانوي في وحدة الوعاء وكذلك الثقوب، يأخذ البروتوبلاست في التحلل، ويتكون عن بقاياها طبقة تبطن جدر هذه الوحدة.

وفي كثير من ذوات الفلقتين تتسع وحدات الأوعية عند جزئها الأوسط وليس عند الأطراف التي تتراكب فوق بعضها. هذه الأطراف المترابطة لا تتكون فيها ثقوب، وتبدو متطابقة في صورة ذيل يحتوى على نقر أو يخلو منها. وتنشأ الثقوب، في هذه الحالة، في الجدر الجانبية قريبا من أطراف هذه الوحدات ذات الأطراف المترابطة.

Tracheids

(٢) القصبيات

توجد القصبيات في خشب غالبية النباتات مغطاة البذور. وقد استخدم Sanio مصطلح Tracheid عام ١٨٦٣، وأوضح نواحي التشابه والاختلاف بين عنصر الوعاء والقصيبة.

والفرق الأساسي بين هذين النوعين من الخلايا يتركز في أن أطراف القصبيات غير مثقبة بينما الجدر الطرفية لعنصر الوعاء تحوى ثقبا أو أكثر. والقصيبة بدائية بالنسبة للوعاء.

والقصيبة عبارة عن خلية عديمة البروتوبلاست عند التضيق، وهي متطابقة نوعا، ذات جدر ثانوية صلبة ملجننة. وأطراف القصبيات مدببة خالية من الثقوب Imperforated (شكل ٦٧ أ).

والقصيبة متعددة السطوح فتظهر مضلعة وأحيانا مستديرة في القطاع العرضي، وهي أقل قطرا من عنصر الوعاء غير أن جدرها أكثر سمكا. تتركب القصبيات في صفوف طويلة مثل عنصر الأوعية، وتتراكب أطرافها فوق بعضها البعض حيث تكثر النقر الزوجية المضفوفة. ونظرا لانعدام الثقوب في أطراف القصبيات، فإن الماء يمر من قصيبة إلى أخرى عبر أغشية النقر وهي رقيقة جدا. يتراوح طول القصيبة بين ٦-٥ ملميمترات، وقطرها حوالي ٣٠ ميكرون. وتمتد القصيبة باتجاه المحور الطولي لبعض النباتات، وتتصلل بما يجاورها من قصبيات أو خلايا أخرى عن طريق النقر. والجدار الثانوي يأخذ طرزا مشابهة لتلك التي توجد في جدر عناصر أوعية الخشب الابتدائي. ويكثر وجود النقر الزوجية المضفوفة في جدر القصبيات المتلاصقة وكذلك المجاورة للأوعية، بينما لا توجد نقر في الجدر بين القصبيات والألياف. والجدر التي بين القصبيات

والخلايا البارنكيميّة تحتوي على نقر بسيطة أو نصف مضافوفة .

وتجوير القصبيّة كبير وخال من أى محتويات ، ولهذا فهي مهياة أساسيا لتوصيل الماء رغم أنها أقل أهمية ، في معظم مغطاة البذور ، في نقل الماء من الأرضية .

وتنشأ القصبيات أيضا من الكامبيوم الأول أو الكامبيوم الوعائي ، أساسا بطريقة تماثل تلك التي تنشأ بها وحدة الوعاء ، فيها عدا الاختلاف في الشكل والحجم بالنسبة للخلية الناعمة ، وليس هناك التحام بين الوحدات المتتالية رأسيا كما في حالة الوعاء . ويحدث اتساع ضئيل في قطر بداية الكامبيوم عند تكشف القصبيّة في ذوات الفلقتين بينما تزداد القصبيّة في الطول بحيث تصبح أكثر طولاً من البداية التي كشفت عنها .

(٣) ألياف الخشب

Xylary Fibers

يكثر وجود الألياف في الخشب الثانوي ، ويندر وجودها في الخشب الابتدائي . وألياف الخشب ذات جذر أكثر سمكا من القصبيات ، ويتراوح طولها بين ٣٠-٥٠ مرة قدر قطرها ، وأطرافها مستدقة وفجوتها ضيقة ، ويقل وجود الألياف كلما ازدادت القصبيات في الخشب . وتقوم الألياف بوظيفة ميكانيكية .

ولقد سبقت الإشارة الى وجود نوعين من الألياف في نسيج الخشب الثانوي هما القصبيات الليفية Fiber tracheids وألياف الخشب اللحائية Labriform fibers (شكل ٦٧ جـ) . الألياف الأخيرة تكون أكثر طولاً وجذرها أكثر سمكا من القصبيات الليفية نظرا لنموها الطرقي التوغلي الزائد . والنقر في القصبيات الليفية تكون مضافوفة ، قليلة العدد ، صغيرة الحجم ، صفاتها مختزلة ، وفتحاتها الداخلة ضيقة . أما النقر في ألياف الخشب اللحائية فتكون بسيطة والجذر زائدة السمك . توجد ألياف الخشب اللحائية بوفرة في خشب ذوات الفلقتين الخشبية .

وفي بعض القصبيات يبقى البروتوبلاست حيا ، وتتكون فيها حواجز عرضية Septa رقيقة بعد تكوين الجدار الثانوي ، فتصبح القصبيّة الليفية عبارة عن صف من بضع خلايا فتسمى حينئذ قصبيّة ليفية مجزأة Septate fiber Tracheid . هذه الحواجز عبارة عن جدر ابتدائية غير ملجنسة ، وكل خلية منها ذات بروتوبلاست ونواة ، وقد يبقى هذا البروتوبلاست حيا لفترة طويلة . وتوجد القصبيات الليفية المجزأة في خشب كثير من الشجيرات وأشجار المناطق الحارة . وأحيانا قد تصبح ألياف الخشب اللحائية مجزأة .

(٤) بارنكيميا الخشب

Xylem Parenchyma

البارنكيميا شائعة الوجود في كل من الخشب الابتدائي والثانوي ، وتبقى حية طالما أن الخشب يقوم بوظيفته في نقل الماء والعناصر الذائبة فيه . وتقوم هذه الخلايا بالتوصل

الجانبى في الأجزاء الحية من النسيج الوعائى حيث ينتقل الماء عبر هذه الخلايا من الخشب الى الكامبيوم واللحاء، والغذاء المجهز من اللحاء الى الكامبيوم وبارنكيا الخشب ومنها الى الخلايا الداخلية من أشعة الخشب حيث يخزن الغذاء.

وفي الخشب الابتدائى توجد البارنكيا بكميات ملموسة خاصة في الجزء التي يتكشف منه أولا. وقد تبقى جدر هذه الخلايا رقيقة بعد تحطم العناصر الوعائية أو تصبح ملجننة. وفي الخشب الثانوى توجد البارنكيا في صورتين مختلفتين:

١ - بارنكيا الخشب المحورية Axial xylem parenchyma

٢ - بارنكيا الأشعة Ray parenchyma

تكون البارنكيا المحورية من البدايات المغزلية Fusiform initials في الكامبيوم الوعائى، كما هو الحال في العناصر الوعائية والألياف، وقد غائلها في الطول أو تكون أقصر منها. فإذا انقسمت خلية مشتقة عن بداءة مغزلية انقساما عرضيا قبل أن تتكشف الى خلية بارنكيمية، تكون شريط من مجموعة رأسية من بضع خلايا تلتحم مع مثيلتها التي تعلوها والتي أسفلها فتصبح في صورة أعمدة أو صفوف عمودية تمتد الى مسافات ليست قصيرة في الخشب الثانوى. وهذه الصفوف سمكها صف واحد من الخلايا المتطاول، وأحيانا يوجد صفان متجاوران أو أكثر في هيئة حزم مختلفة الحجم. ومقدار بارنكيا الخشب المحورية في خشب ذوات الفلقتين يكون متنوعا، وتأخذ صوراً مختلفة ومتداخلة.

فقد توجد البارنكيا المحورية متناثرة بين عناصر الخشب الرأسية في حلقة النمو السنوية فتسمى البارنكيا المنتشرة Diffuse parenchyma كما في التفاح *Malus Sylvestris* والبلوط *Quercus suber*.

البارنكيا التي تتكون على سطح الخشب المتأخر Late Wood الذي يتكون عند نهاية موسم النمو في صورة أشربة منفصلة أو كتل مماسية تسمى البارنكيا الختامية Terminal parenchyma كما في الصفصاف *Salix* والمانوليا *Magnolia*. وقد توجد بارنكيا أشعة الخشب ناشئة من بدايات الأشعة Ray initials في الكامبيوم الوعائى وترتب في شكلين؛ الأول منبطحاً Procumbent وهو الشكل الشائع، ومحورها الطويل في اتجاه قطرى بالنسبة للمحور الطويل للعضو النباتى. وفي الشكل الثانى تكون بارنكيا الأشعة قائمة Upright ray cells حيث يكون المحور الطويل للخلية رأسياً. وهذه الخلايا أقصر من بارنكيا الخشب المحورية. وغالباً يوجد النوعان معا في شعاع واحد؛ القائم عند الحافتين العليا والسفلى للشعاع بينما المنبطح يكون داخلها. وخلية الشعاع متوازية الأضلاع، غالباً مستطيلة، وقد تبدو مستديرة في القطاع العرضى. وأشعة الخشب هي

جزء من أشعة Rays النسيج الوعائي الذي يقع الى الداخل من الكامبيوم الوعائي وتمتد قطريا في نسيج الخشب وتتفاوت في الطول والعرض والارتفاع.

ويوجد نوعان من أشعة الخشب؛ الأول يكون سمك الشعاع فيه خلية واحدة أى وحدة الصف Uniseriate كما في الحور Populus والثاني يكون ثنائيا أو عديد الصفوف Multiseriate. الأشعة عديدة الصفوف قد تكون متجانسة Homogenous تتركب من نوع واحد من بارتكميا الأشعة، أما قائمة أو منبطحة، أو غير متجانسة Heterogenous تتركب من خلايا قائمة وأخرى منبطحة. ويتباين عرض الشعاع في نوع النبات الواحد، في البلوط Quercus مثلا يكون الشعاع وحيد أو عديد الصفوف بينما في الاسفندان Acer يتراوح عرض الشعاع بين صفين وعشرة صفوف.

ويتباين أشعة الخشب أيضا في الارتفاع، فيتراوح ارتفاع الشعاع بين خلية واحدة الى عدة خلايا، أى يتراوح بين أقل من الملليمتر الى بضعة سنتيمترات. ويختلف الامتداد القطرى لأشعة الخشب في النبات نظرا لتكوين أشعة جديدة باستمرار نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائي مع زيادة محيط محور النبات، كما يتوقف الشعاع بعد بداية تكوينه بفترة. ويتنوع شكل أشعة الخشب في القطاعات الطولية المماسية للخشب الثانوي باختلاف نوع النبات. فقد يبدو هذا الشكل ضيقا طويلا، أو بوضيا أو مستطيلا، وقد يبدو مغزليا أو عديسيا أو مستلق الأطراف، وعادة يكون الشكل ثابتا في النزع الواحد.

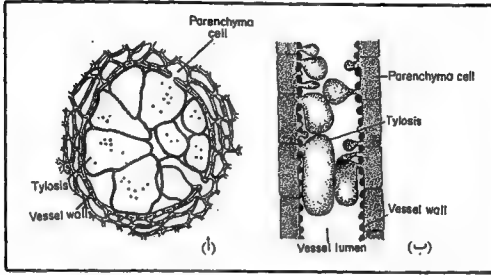
وخلايا بارتكميا الخشب وأشعة الخشب قد تكون رقيقة أو سميكة الجدر، وعادة تكون سميكة الجدار الثانوى وملجننة في الخشب الثانوى. وإذا كانت الجدر سميكة، فإن النقر في الجدر الفاصلة بينها وبين العناصر الوعائية الملاصقة تكون مضفوفة، ونصف مضفوفة أو بسيطة النقر فيها بينها وبين بعضها البعض تكون بسيطة.

وبالإضافة الى التوصيل الجانبي للمواد الذائبة، تقوم الخلايا البارنكيميية في نسيج الخشب بتخزين المواد الغذائية الزائدة في صورة نشا ودهون. ويتجمع النشا في نهاية فصل النمو ليستهلك كليا أو جزئيا أثناء فترات النشاط في الموسم التالي. وتخزن هذه الخلايا أيضا الدباغ والراتنجات وبلورات متنوعة وغيرها. والخلايا المحتوية على بلورات قد تكون مجزأة بحواجز عرضية داخلية من السليلوز.

TYLOSES

التيلسوزات

عندما تتوقف الوحدات الناقلة للماء عن القيام بوظيفتها أو حدوث جرح ما في نسيج الخشب، تتكون تراكيب كروية الشكل أو كمشرى متفخخة في تحايف هذه الوحدات تسمى التيلسوزات (شكل ٧٠ - أ). وقد تبقى التيلوزة صغيرة أو تصبح كبيرة الحجم لدرجة تمتلئ بها تجويف القصية أو وحدة الوعاء Vessel number. ويتوقف حجم التيلوزة



(شكل ٧٠): أ - قطاع عرضي في وعاء من ساق نبات شجرة الجراد يوضح التيلوزات.
ب - قطاع طولي في وعاء ساق نبات العنب يوضح تكشف التيلوزات من الخلايا البارنكيمية المجاورة للوعاء.

وشكلها على شكل تجويف القصية أو حدة الوعاء التي امتدت خلاله وعدد التيلوزات التي تتكون فيه. وقد تنقسم التيلوزة وينشأ عن انقسامها نسيج يملأ تجويف الوحدة الناقلة، ويؤدي إلى غلقها.

وتنشأ التيلوزات نتيجة لنمو جدر خلايا بارنكيا الخشب وبارنكيا أشعة الخشب في نسيج الخشب، الابتدائي ولاسيما الثانوي، إلى داخل تجاويف الوحدات الناقلة المجاورة لها عبر أغشية النقر الزوجية نصف المضغوطة الموجودة بين جدر بارنكيا الخشب أو أشعة الخشب والوحدات الناقلة للماء. وجزء الجدار الذي يخترق غشاء النقرة هو الذي تنكشف عنه التيلوزة وينتقل إليه جزء من سيتوبلازم الخلية وكذلك النواة. وقد تتكون أكثر من تيلوزة من كل خلية بارنكيمية، وقد تنشأ تيلوزة من خلال النقر التي تصل الوعاء بالخلية البارنكيمية كما في شجرة الجراد *Robinia* أو من بعض النقر كما في الجوز *Juglans*.

وفي كثير من مغطاة البلور، توجد التيلوزات في نسيج الخشب، وتنشأ غالباً خلال فترة تحول الخشب العصيري *Sap wood* إلى صمغي *Heart wood*. وتوجد التيلوزات أيضاً في أوعية الأعشاب مثل القرع *Cucurbita* الكوليس *Coleus* الكنا *Canna* والعليق *Convolvulus*. ورغم أن التيلوزات توجد أحياناً في الخشب الابتدائي، فهي تعتبر من صفات الخشب الثانوي.

وقد تبقى جدر التيلوزات رقيقة، وقد تصبح ثانوية سميكة وقد تتلجن. ونتيجة لانسداد تجاويف الوحدات الناقلة للماء، تتوقف نفاذية الماء والهواء من خلالها الأمر الذي يزيد من صلاحية الخشب في الأغراض المختلفة كما يزيد متانته، كما يؤدي الى اعاقه مريان المواد الحافظة التي يعالج بها الخشب.

الخشب الابتدائي Primary Xylem

هو نسيج الخشب الذي يشتق مباشرة من الكامبيوم الأول Procambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائي لجسم النبات الوعائي، وخلايا الكامبيوم الأول تتميز بأنها متطاولة، ضيقة ذات سيتوبلازم كثيف، وبهذا التركيب تصبح متميزة عن خلايا المرستيم الأساسي التي تحيط بها.

ويبدأ ظهور الكامبيوم الأول كأشرطة منفصلة قريبا من قاعدة المرستيم القمى لكل من الساق والجذر، ويكون الكامبيوم حديث التكوين متصلا بأشرطة الكامبيوم الأكبر عمرا والنسيج الوعائي في الأنسجة التي نضجت، وبذلك فإن تطور الكامبيوم الأول قمى - قاعدى، وتزداد أشرطة الكامبيوم الأول في القطر نتيجة للانقسامات الطولية في خلاياها، وبإضافة خلايا جديدة على حدودها ناتجة من خلايا أشرطة اضافية من المرستيم القمى. وفي بعض الأحيان يكون، اتساع أشرطة الكامبيوم الأول كبيرا، لدرجة أن الأشرطة تلتحم معا فتكون أسطوانة مجوفة من الكامبيوم الأول.

ومع تكوين الخلايا الجديدة في شريط الكامبيوم الأول يزداد طول خلاياه بدرجة كبيرة وتصبح أطرافها مستدقة. والزيادة في طول خلايا الكامبيوم الأول تسير الزيادة في طول المنطقة التي يوجد بها جسم النبات. وخلايا الكامبيوم الأول الأخذة في النضج تنسج تدريجيا في الاتجاه العرضى.

هذه التغيرات تظهر أثرها في حجم وشكل العناصر الوعائية التي تتكون منها الأنابيب الغربالية والقصبيات والأوعية التي تتكشف مبكرا تكون قصيرة ونحيفة بينما المتأخرة تكون أطول وأكثر اتساعا.

وباستمرار النمو، فإن خلايا اللحاء الأول، التي تتكشف على الحافات الخارجية لأشرطة الكامبيوم الأول، تتباعد عن خلايا الخشب التي تتكشف على الحافات الداخلية لهذه الأشرطة، ويزداد اتساع الشريط. وخلايا اللحاء هي التي تنضج أولا في شريط الكامبيوم الأول، ويتبعها خلايا الخشب، وخلايا اللحاء الأول تقع قريبا من قمة الساق أو الجذر على بعد أقل من ملليمتر واحد.

وفي معظم النباتات ذات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين العشبية، يمثل

الخشب الابتدائي النسيج الوحيد الناقل للماء، ويتميز الخشب الابتدائي الى نوعين هما الخشب الأول والخشب التالى، على أساس نشوئها التكويني.

الخشب الأول Protoxylem

هو جزء الخشب الابتدائي الذي يتكشف عند بداية تميز الأنسجة الوعائية في الجسم الابتدائي للنبات. وينضج الخشب الأول اثناء استطالة عضو النبات، وقبل أن يستكمل العضو طوله النهائي.

ويبدأ تكشف الخشب الأول في الساق عند الحافة الداخلية لأشرطة الكامبيوم الأول بينما في الجذر، فيبدأ عند الحافة الخارجية. وتبعاً لهذا، فإن الخشب الابتدائي في الساق يوصف بأنه داخل الخشب الأول Endarch Protoxylem بينما في الجذر يكون خارجي الخشب الأول Exarch Protoxylem.

والخشب الأول يعتبر نسيجاً معقداً يتألف من أوعية وقصبيات، ومقدار ملحوظ من الخلايا البارنكيمية رقيقة الجدر تحيط بالعناصر الوعائية ويندر فيه وجود الألياف.

والعناصر الناقلة في الخشب الأول تكون قليلة العدد ضيقة أقل من الخشب التالى، وجدرها أقل سمكاً ومعظمها من الأوعية. والجدر الابتدائي للعناصر الناقلة التي تتكشف أولاً تكون مقواه بتغلظات ثانوية ملجننة في صورة حلقات ضيقة متباعدة عن بعضها، أما العناصر الناقلة التي تتلوها فتترسب الجدر الثانوية بها في صورة أشرطة حلزونية. والتغلظ في الحالة الأولى يسمى حلقي Annular وفي الثانية حلزوني Spiral هذه التغلظات الجدارية تساعد في إبقاء ممرات نقل الماء في العناصر الوعائية مفتوحة خلال استطالة الخلايا وتحول الى حد ما، دون تمزق جدرها الرقيقة. ولهذه العناصر القدرة على الامتطاط، الى درجة معينة، خلال استطالة العضو الذي توجد به، وكثيراً تتمزق أو تتحطم نتيجة لما يتعرض له من قوى الشد الواقعة عليها من أنسجة الساق المجاورة ذات النمو السريع، وأحياناً في الورقة. أما في الجذر فيبقى الخشب الأول دون أن يتمزق لأن تكشفه لا يتكامل الا بعد استطالة الجذر. والعناصر حلقية التغلظ هي الأكثر تحطماً، حيث تنفصل الحلقات أولاً عن بعضها نتيجة لامتطاط الخلايا، وبعدها يتحطم الجدار الرقيق بينها كلياً.

والحلزونات أيضاً تمتط للدرجة تصبح بعدها مستقيمة، وقد يتحطم الجدار الخلوي في هذه الحالة. والتمزق يحدث في مناطق الجدار الابتدائي والتي تكون عادة رقيقة.

وحينما يتحطم عدد من العناصر الوعائية الناقلة للماء في الخشب الأول، تتكون في أماكن التمزق فجوات على شكل قنوات تسمى فجوات الخشب الأول Protoxylem. Lacunae وكثيراً تشاهد بقايا العناصر المحطمة على حافات هذه الفجوات.

وتوجد هذه الفجوات في كثير من النباتات العشبية، لاسيما في ذوات الفلقة الواحدة. وفي بعض الأحيان، لا تتكون هذه الفجوات نظرا لزيادة نمو الخلايا البارنكيمية المحيطة خلال فترة ترمق العناصر الناقلة لدرجة تملئ الفجوات. وفي الخشب الأول بالحزمة الوعائية، يوجد التغليظ الحلقي، والحلزوني وأحيانا السلمي، وقد يغيب طراز أو اثنين منها. والعناصر حلزونية التغليظ تمثل المقدار الأكبر عادة من الخشب الأول. وحينها يكون نمو المحور سريعا، تكثر العناصر حلقية التغليظ، بينما لا توجد هذه العناصر أو يكون عددها قليلا إذا كان النمو بطيئا. ولا تختلف العناصر الناقلة في طراز التغليظ فقط، وإنما كل عنصر يزداد في الاتساع عن الذي يسبقه في الكشف، ولقد اقترح Rus-sow مصطلح Protoxylem عام ١٨٧٢.

الخشب التالي Metaxylem

هو جزء الخشب الابتدائي الذي ينشأ في وقت متأخر من الكامبيوم الأول في المناطق التي لا تزال تنمو بجسم النبات الابتدائي، غير أنه ينضج بعد أن تكتمل استطالة عضو النبات. وتبعاً لهذا يكون أقل تأثراً، من الخشب الأول، بالاستطالة التي تحدث في الأنسجة المحيطة، ولهذا لا تتكسر عناصره بالشدة. والعناصر الناقلة في الخشب التالي تتميز باتساعها عنها في الخشب الأول كما أنها تبقى دون أن تتمرق بعد استكمال النمو الابتدائي. وفي النباتات التي لا يحدث فيها نمو ثانوي، يبقى الخشب التالي نشطا طوال حياة النبات.

والتغلظات الثانوية التي تحدث في جدر العناصر الناقلة للخشب التالي تأخذ صورا أخرى. فإذا كان التغليظ الثانوي مترسبا على الجدار الابتدائي في صورة تركيب شبكي فإن تغليظ العنصر الوعائي يسمى شبكيا Reticulate، أما إذا ازدادت مساحة الجدار الثانوي فأصبحت تكسو أكبر مساحة من الجدار الابتدائي، وتركت مساحات رقيقة محددة ومنظمة في الحجم والشكل، هي مواضع النقر، بدون تغلط، كانت العناصر الوعائية منفردة Pitted. والعناصر الشبكية والمنقرة لا يمكن أن تغط. والتغلظات السلمية Scalariform تكون فيها التغلظات عبارة عن قضبان عرضية جدارية تمتد من ركن إلى آخر معطية مظهرا يشبه السلم. والتغلظات السلمية تمثل اما مرحلة انتقال بين الخشب الأول والثاني، أو تنتمي إلى الخشب الأول. وهذا يتداخل بعض عناصر الخشب الأول مع الخشب التالي. ومن ناحية أخرى قد تختفي العناصر ذات التغليظ الحلقي من محور النبات إذا كان نموه بطيئا.

ولقد أوضحت بعض البحوث، أن طراز التغليظ الثانوي في عناصر الخشب الناقلة للماء، لا تقدم أساسا ثابتا يمكن بواسطته تمييز الخشب الأول عن الخشب التالي. ولهذا

يتعذر إيجاد حد فاصل دقيق بين الخشب الأول والخشب التالي. ويمكن الاكتفاء باعتبار الخشب الأول يمثل جزء الخشب الابتدائي الذي يتكشف مبكراً خلال فترة الاستطالة الرئيسية لعضو النبات، بينما الخشب التالي يمثل جزء الخشب الابتدائي الذي ينضج أساساً بعد أن يتوقف العضو عن الاستطالة.

والخشب التالي يكون أكثر تعقيداً من الأول، حيث أنه قد يحتوي على ألياف بالإضافة إلى الأوعية والفصيبيات والخلايا البارنكيمية، والخلايا البارنكيمية قد تكون مبعثرة بين العناصر الناقلة للماء أو تنظم في شكل صفوف قطرية تشبه الأشعة. ويظهر الخشب التالي أكثر اندماجاً من الأول. وتبقى العناصر الناقلة في الخشب التالي تقوم بوظيفتها بعد استكمال النمو الابتدائي. وفي النباتات التي لا يحدث فيها نمو ثانوي يبقى الخشب التالي نشطاً في أعضاء النباتات الناضجة طوال حياة النبات.

ويختلف موقع الخشب الأول بالنسبة للتالي في أعضاء النبات، وهذا الموقع يكون ثابتاً لكل عضو. وفي جذور النباتات الزهرية يكون الخشب الأول خارجياً Exarch بالنسبة للخشب التالي أما في سيقان هذه النباتات فإن الخشب الأول يكون داخلياً Endarch.

وأحياناً، يتركب شريط الخشب الابتدائي من خب أول فقط كما في معظم الحزم الوعائية الصغيرة أو يتركب من خشب تال فقط كما في بعض الريزومات والجذور بطيئة النمو. وغالباً، يوجد النوعان معاً، غير أن مقدار كل منهما يختلف تبعاً لنوع النبات والعضو وسرعة النمو في منطقة معينة.

PHLOEM

نسيج اللحاء

اللحاء هو النسيج الرئيسي الناقل للغذاء في جسم النباتات الوعائية، ويعمل بين أماكن تجهز فيها المواد الغذائية العضوية وأخرى تستهلك فيها هذه المواد أو تخزن. وينشأ اللحاء الابتدائي من الكامبيوم الأول بينما اللحاء الثانوي من الكامبيوم الوعائي. لقد استخدم Nagelli مصطلح Phloem في عام ١٨٥٨. وتوجد مصطلحات أخرى بديلة لمصطلح Phloem في لغات أخرى مثل الفرنسية والألمانية.

ويوجد اللحاء في جميع أعضاء النبات ويقترن دائماً مع الخشب، يكونان معاً الجهاز النسيجي الوعائي الذي يمتد في جسم النبات. ويختلف وضع اللحاء بالنسبة للخشب تبعاً لعضو النبات. في الجذور، توجد أشربة اللحاء متبادلة مع أشربة الخشب، بينما يكون اللحاء خارجياً في الحزم الوعائية في السيقان، وتجاه السطح السفلي في الأوراق.

وفي بعض العائلات النباتية، مثل العلاقاتية Convulvaceae والباذنجانية Sol-anaceae والقرعية Cucurbitaceae توجد أشربة ضئيلة من اللحاء في النخاع، إلى

الداخل من الحزم الوعائية بجسم النبات الابتدائي، وهذا اللحاء يسمى اللحاء الداخلي Internal Phloem ويتألف من بضع أنابيب غربالية وخلايا مرافقة فقط. في العائلة القرعية Cucurbitaceae يوجد اللحاء إلى الداخل وإلى الخارج من الخشب الابتدائي في الحزم الوعائية للسيقان. ومثل هذه الحزم الوعائية تسمى الحزم الوعائية ذات الجانبين Bicollateral Bundles.

واللحاء نسيج دائم معقد، يتألف في النباتات الزهرية من أنابيب غربالية وخلايا بارنكيمي متخصصة تسمى خلايا مرافقة، وخلايا بارنكيمي غير متخصصة تسمى بارنكيا اللحاء، وألياف سميكة الجدر تسمى ألياف اللحاء. وقد يخترق اللحاء على أسكريدات وتراكيب حليب نباتي في بعض النباتات.

Sieve Tubes

(١) الأنابيب الغربالية

أكثر مكونات اللحاء تخصصاً في نقل الغذاء هي الأنابيب الغربالية في مغطاة البذور، اكتشفها Hartig عام ١٨٣٧. تتألف الأنبوبة الغربالية من صف رأسي من خلايا أسطوانية عادة تسمى كل منها وحدة الأنبوبة الغربالية Sieve-Tube Member. والجدر الفاصلة بين وحدات الأنبوبة الغربالية تكون أفقية أو مائلة، تعرف بالصفائح الغربالية Sieve Plates. ويتربك الجدر في الصفيحة الغربالية من الجدارين الابتدائيين للوحدتين المتتاليتين ملتجان بالصفيحة الوسطى.

والصفائح الغربالية تكون سميكة، محدبة الوجهين، تحتوى على مناطق جدارية رقيقة منخفضة تسمى المساحات الغربالية Sieve Areas عبارة عن رقعات نفرية ابتدائية متخصصة ذات ثقب دقيقة تجعلها تشبه الغربال يمتد خلالها خيوط سيتوبلازمية، تسمى الخيوط الموصلة Connecting Strands تربط معا سيتوبلازم وحدات الأنبوبة الغربالية المتتالية والمرتبطة في صف طولى. وتتفاوت هذه الخيوط في السمك بين التي تماثل خيوط البلازموديزومات والتي يبلغ سمكها عدة ميكرونات.

ويتراوح قطر الثقب في المساحة الغربالية بين جزء من الميكرون و ١٥ ميكرون أو أكثر، وهي أكبر قطراً من الخيوط الموصلة وتحتوى على مادة الكالوز Callose.

وتعتبر المسطحات الغربالية من مظاهر تخصص الوحدات الغربالية. وتظهر المساحات الغربالية في المنظر السطحي كمساحات منخفضة في الجدار تحتوى على مجاميع من ثقب عديدة تمر فيها الخيوط الموصلة. وفي القطاعات تظهر كاماكن رقيقة في الجدار تحتوى على الخيوط الموصلة وحولها الكالوز قاطعاً الجدار بين تجويفي الخليتين (شكل ٧٠).

وقد توجد المساحات الغربالية في الجدر الجانبية لوحدة الأنبوبة الغربالية، بالإضافة الى الجدر الطرفية، الا أن عددها يكون قليلا، أو لا توجد على الاطلاق، كما أن ثقوبها تكون أقل اتساعا منها في الصفائح الغربالية. والجدر في المساحة الغربالية عبارة عن تركيب مزدوج يتألف من طبقتين من الجدر الابتدائي، كل منهما تنتمي الى إحدى الوجدتين الغرباليتين المتالتين بينهما الصفيحة الوسطى (شكل ٧٠). ويوجد نوعان من الصفائح الغربالية هما:-

١ - بسيطة Simple Sieve Plate إذا احتوت على مساحة غربالية واحدة كما في جنس القرع *Cucurbita*

٢ - مركبة Compound Sieve Plate إذا احتوت على عدد من هذه المساحات كما في كثير من النباتات مثل العنب *Vitis* والدخان *Nicotiana* والكافور *Eucalyptus*. وترتب المساحات الغربالية في نظام سلمى أو شبكي أو أى نظام آخر. وفي الصفيحة البسيطة تكون الثقوب كبيرة، بينما في المركبة تكون صغيرة، وتتفصل المساحات الغربالية عن بعضها البعض بمناطق جدارية خالية من الثقوب. وبصفة عامة تختلف المساحات الغربالية في العدد وطريقة توزيعها في وحدات الأنبوبة الغربالية تبعاً لنوع النبات، وتتفاوت ثقوب المساحات الغربالية في الاتساع، ففي نوع من جنس الحور *Populus* يتراوح حجم الثقب بين ١,٥ - ٥ ميكرون، والصفصاف *Salix* من ٢ الى ٣ ميكرون.

وجدر الوحدات الغربالية ابتدائية رفيعة، تتركب أساساً من السليلوز، وأحياناً تكون الجدر سمكة لامعة متألقة مثل حبات اللؤلؤ تسمى *Nacre Wall* وقد يصل سمك الجدر الى حوالى نصف قطر الخلية أو أكثر.

ويستعى التركيب الداخلى لوحدة الأنبوبة الغربالية كل اهتمام، فهي فريدة في كونها خلية حية تؤدي وظيفتها رغم أنها تكون عديمة النواة عندما يتم نضجها. ويعتبر عدم وجود النواة من أهم الصفات التي تتميز بها بروتوبلاست هذه الوحدة. والنواة تختفى أثناء تكشف الوحدة الغربالية، وقد تتحرر منها النواة قبل أن تختفى ثم تتلاشى فيما بعد. ووجود الصفائح الغربالية يعتبر صفة هامة ثانية تتميز بها وحدة الأنبوبة الغربالية.

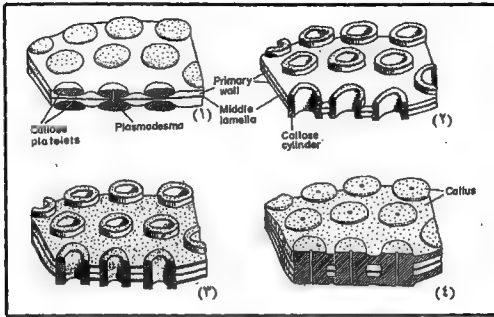
ويحتوى بروتوبلاست وحدة الأنبوبة الغربالية على فجوة عسارية غير محددة المعالم، وطبقة محيطية رقيقة من السيتوبلازم تبطن الجدار. والجزء الأوسط من الوحدة الغربالية يحتوى على مخلوط من العصير الخلوى وأجسام غاطية ذات طبيعة بروتينية موزعة في أماكن متفرقة من تجويف الخلية في صورة مجموعات من أجسام غاطية *Slime Bodies* ذات أشكال مختلفة كروية، مغزلية أو حلزونية. وقد يوجد شكل أو أكثر من هذه

الأجسام في الوحدة الغريالية، وقد توجد فرادى أو متجمعة. وتفقد الأجسام المخاطية شكلها المحدد أثناء تكشف وحدة الأنبوية الغريالية، وخلال تحطم النواة، تصبح أكثر سيولة، وتتكتل مع بعضها في العصير الخلوي كإداة غطائية عديمة الشكل. وفي كثير من ذوات الفلقة الوحدة يحتوى البروتوبلاست على كميات ضئيلة من المخاط Slime. وقد يبدو المخاط في صورة أشرطة متصلة بواحد أو أكثر من الصفائح الغريالية ومستمرة مع محتويات الثقب.

وإذا تمزقت الوحدة الغريالية أو جرحت، تتراكم المادة المخاطية على الصفائح الغريالية مكونة سدادات غطائية Slime Plugs. يتميز سيتوبلازم الوحدة الغريالية بوجود الغشاء البلازمي فقط، أما غشاء الفجوة العنصرية Tonoplast فإنه يتميز ويختفى خلال مراحل تكشف الوحدة، وبذلك تتلاشى الحدود بين السيتوبلازم والفجوة. ولقد أوضح المجهر الإلكتروني أن سيتوبلازم وحدة الأنبوية الغريالية يتميز به غشاء بلازمي خارجي ويحتوى على ميتوكوندريات ومقدار ضئيل من الشبكة الأندوبلازمية. ولا تحتوى الوحدة الغريالية على ديكتيوسومات، وتتميز الميتوكوندريا بصغر حجمها واستدارتها وعدم انتظام غشائها الداخلى وربما تكون غير نشطة. والشبكة الأندوبلازمية توجد في صورة حزم صغيرة متوازية على امتداد الجدر الجانبية لوحدة الأنبوية الغريالية. وهذه الشبكة هي المسئولة عن تكوين الثقوب في الصفائح الغريالية، وكذلك في الجدر بين الأنبوية الغريالية والخلية المرافقة، كما أنها مسئولة أيضا عن تراكم مادة الكالوز Callose في الثقوب وعلى سطح الصفائح الغريالية. والكالوز مادة كربوهيدراتية معقدة التركيب تتكون في سيتوبلازم الوحدة الغريالية وتمثل إحدى مكوناتها. ويصبغ الكالوز باللون الأزرق باستخدام الأثيلين الأزرق.

وتحتوى الوحدة الغريالية في كثير من النباتات على بلاستيدات صغيرة تقوم بتكوين نوع خاص من النشا حيويه قرصية الشكل. ويوجد بالبلاستيدة حبيبة نشأ أو أكثر، غير أنها تغطى لونا أحمر مع اليود. وربما تكون هذه البلاستيدات قد فقدت تراكيبها الداخلية.

ومن الصفات الهامة أيضا لوحدة الأنبوية الغريالية، أن الخيوط السيتوبلازمية الموصلة في مناطق الثقوب، في المساحات الغريالية، تحاط بطبقة رقيقة من مادة الكالوز Callose على هيئة أسطوانة تبطن الجدار في منطقة الثقب مما يميزها عن خيوط البلازموديزمات (شكل ٧١). ولقد استخدم مصطلح Callose في عام ١٨٩٠ ويتقدم عمر الوحدة الغريالية يزداد سمك طبقة الكالوز في المساحة الغريالية، حيث يترسب فيما بين الخيوط الموصلة على سطح المساحة الغريالية وفي الثقوب. ويختلف مقدار الكالوز



(شكل ٧١): يوضح تكشف ونضج جزء من الصفيحة الغريالية

- (١) مرحلة مبكرة توضح ظهور صفائح الكالوز يتوسطها خيوط بلازمية.
- (٢) الثقوب تبطنها أسطوانة رقيقة من الكالوز.
- (٣) تزايد أسطوانة الكالوز في السمك وتراكم الكالوز على سطح الصفيحة الغريالية بين الثقوب.
- (٤) صفيحة غريالية يتضح فيها الكالوز القاطع، والثقوب أصبح ضيقا جدا.

تبعاً لمدى نشاط وحدة الأنبوية الغريالية، فهو في صورة طبقة رقيقة حول الثقب لامتجاوز ١٠٪ من قطره خلال موسم نشاطها، ويتقدم هذه الوحدة في العمر، يزداد تراكم الكالوز تدريجياً ويأخذ في الضغط على الخيوط الموصلة حتى تتحطم. وتبعاً لذلك، تتوقف وحدة الأنبوية الغريالية عن القيام بوظيفتها.

ويستمر تراكم الكالوز على سطح المساحة الغريالية فتصبح مغطاة بطبقة سميكة منه. وإذا وجدت عدة مساحات غريالية متجاورة، التحمت ككل الكالوز معا وتعرف عند هذه المرحلة باسم الكالوز القاطع (Definitive Callose) (شكل ٧١). وعندما يختل تركيب بروتوبلاست الوحدة الغريالية غير النشطة، تختفى الخيوط الموصلة، وينفصل الكالوز القاطع ويختفى، وبذلك تصبح الصفيحة الغريالية جداراً سليولوزياً به عديد من الثقوب المفتوحة، في هيئة غريال، في الوحدة الغريالية التي توقفت عن العمل.

وعادة تقوم وحدات الأنابيب الغريالية بوظيفتها في نفس الموسم الذي تتكشف فيه، ثم تتوقف بعد ذلك عن العمل، كما تتحطم الأنابيب الغريالية المتكونة في موسم سابق

وتتلاشى تجاوبها. وأحيانا، يتجدد نشاط الأنثوية الغربالية من موسم الى آخر في اللحاء الثانوي كما في العنب *Vitis* (شكل ٧٢)، والزيتون *Tilia*. وفي هذه الحالة الأخيرة لامبوت البروتوبلاست، وتغلق الثقوب بالكالوز في فصل الشتاء، ثم تعاود انفتاحها باختفاء الكالوز القاطع في الربيع، وتتكون الخيوط السيتوبلازمية الموصلة، وبذلك تتصل بروتوبلازومات وحدات الأنثوية الغربالية بعضها ببعض من جديد. وتشارك الأنثويات الموجودة في الغشاء البلازمي في عملية بناء وإذابة الكالوز. فقد وجد أن الكالوز يوجد حول الثقب في صورة طبقة رقيقة لا تتجاوز ١٠٪ من قطره خلال موسم النمو والنشاط، ويتقدم هذه الوحدة في العمر يزداد تراكم الكالوز تدريجيا ويأخذ في الضغط على الخيوط الموصلة حتى تتحطم، وتبعاً لذلك تتوقف وحدة الانثوية الغربالية عن القيام بوظيفتها.

وحينما يكون اللحاء نشطاً، فإن أى جرح يحدث فيه، يؤدي الى ترسيب الكالوز حول الثقوب بسرعة، خلال ثوان، وبذلك تنهى الفرصة لكى يلتئم الجرح، ويقلل من فقد المواد الغذائية.

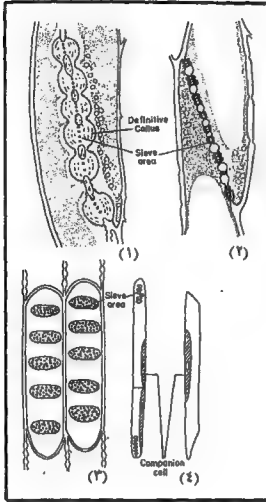
والأنابيب الغربالية التي فقدت بروتوبلاستها تكون قد توقفت عن القيام بوظائفها، ولا تستطيع جدرانها أن تقاوم الضغوط الناتجة عن نمو الأنسجة المحيطة، الأمر الذي يؤدي الى تحطمها مع خلاياها المرافقة، وأخيراً تمتص وتختفى اختفاءً تاماً. وتعرف هذه الظاهرة بالاندثار Obliteration.

٢ - الخلايا المرافقة Companion Cells

وهي خلايا بارنكيمي متخصصة، توجد في لحاء النباتات الزهرية، مغطاة بالبذور، فقط، تكون مرافقة لوحدة الأنثوية الغربالية، وهي وثيقة الصلة من حيث نشأتها ووظيفتها بوحدة الأنثوية الغربالية المرتبطة بها.

وتنشأ الخلية المرافقة من نفس الخلية الأم التي تنشأ منها وحدة الأنثوية الغربالية الملاصقة لها، وذلك بانقسام الخلية الأم طولياً الى خليتين غير متماثلتين في الحجم. تتكشف الصغرى الى خلية مرافقة بينما الكبرى تصبح وحدة غربالية. وقد تنقسم الخلية المرافقة عرضياً الى خليتين فتصبح الوحدة الغربالية ذات خليتين مرافقتين مرتبتان رأسياً. وقد يتكرر الانقسام فيتكون صف من عدة خلايا مرافقة مجاوراً لوحدة غربالية واحدة.

ويختلف عدد الخلايا المرافقة لوحدة الانثوية الغربالية في النباتات المختلفة. وعادة، توجد خلية مرافقة واحدة مرتبطة بوحدة الأنثوية الغربالية في اللحاء الابتدائي للنباتات



(شكل ٧٢): يوضح وحدات

الأنبوية الغربالية في العنب. ١ و ٢
قطاعات طولية في الصفيحة الغربالية
المركبة بين وحدتين غرباليتين.

(١) وحدة في مرحلة مكون
الصفيحة تكسوها طبقة سميكة
من الكالوز.

(٢) الوحدات أصبحت نشطة بعد
إزالة الكالوز.

(٣) منظر سطحي لائنتين من
الصفيحة الغربالية المركبة.

(٤) وحدات الأنبوية الغربالية ذات
خلايا مرافقة.

العشبية، غير أنه كثيرا توجد أكثر من خلية مرافقة في اللحاء الثانوي مرتبطة بوحدة
الأنبوية الغربالية. ونادرا، لا توجد خلية مرافقة مرتبطة بوحدة الأنبوية الغربالية.

وقد يختلف عدد الخلايا المرافقة في النبات الواحد، ولحاء النباتات العشبية وكثير من
الأنواع الخشبية قد يوجد به عديد من الخلايا المرافقة. وتختلف الخلايا المرافقة أيضا في
الحجم، قد يصل طولها الى طول وحدة الأنبوية الغربالية المرتبطة بها، أو تكون أقصر
منها. وغالبا، تبدو الخلية المرافقة ممتدة بين نهايتي عنصر الأنبوية الغربالية.

وتتوزع الخلايا المرافقة اما على الجوانب المختلفة للأنبوية الغربالية أو ترتب في صف
واحد على أحد جوانبها. وربما، لا توجد خلايا مرافقة في اللحاء الأول بالنباتات
الزهرية. وتوجد الخلايا المرافقة بكثرة في لحاء النباتات ذات الفلقة الواحدة.

وتحتوي الخلية المرافقة على سيتوبلازم محبب كثيف به نواة كبيرة متطاولة نوعا، وشبكة

انديولازمية، وعديد من الميتوكوندريات والديكتيوسومات، وقد تحتوي على بلاستيدات غير ملونة الا أنها لا تحتزن نشا. كما تحتوي الخلية أيضا على ريبوسومات عديدة مما يدل على نشاطها في بناء البروتينات. وتظهر الخلية المرافقة في القطاعات العرضية، مستديرة أو عديدة الأضلاع، مثلثة أو مربعة. ولقد ظهر حديثا أن جدر الخلية المرافقة قد تمتد منها أضلاع قصيرة أو بروزات الى داخل تجويف الخلية ينتج عنها زيادة في سطح الغشاء البلازمي.

والجدر الفاصلة بين الخلية المرافقة ووحدة الأنبوبة الغربالية المرتبطة بها تكون رقيقة جدا أو تكثر بها الرقعات النقرية الابتدائية. تحتوي هذه الجدر على العديد من الروابط البلازمية والتي تكون كثيرا متفرعة في جانب الخلية المرافقة. وقد توجد مساحات غربالية في جدار وحدة الأنبوبة الغربالية، غير أنها تبدو رقيقة عن الموجودة في الصفائح الغربالية. وقد ترسب مادة الكالوز على الرقعات النقرية في جدر الوحدات الغربالية المسنة.

وترتبط الخلية المرافقة بالوحدة الغربالية المرافقة لها ارتباطا وثيقا، ليس من ناحية المنشأ فقط، وإنما يوجد ارتباط وظيفي وثيق بينهما. وتظهر صورة هذا الارتباط بموت الخلية المرافقة عندما يحتل نظام بروتيولاست الوحدة الغربالية عند نهاية نشاطه وتنسحق معه، بينما تظل بارنكيما اللحاء المجاورة حية. وتلعب الخلية المرافقة دورا أساسيا في المحافظة على نشاط وحدة الأنبوبة الغربالية المجاورة لها والتي تصبح خالية من النواة والريبوسومات عند النضج، وبذلك لا تقوم ببناء البروتينات. وتبقى نواتها حية طوال فترة حياة هذه الوحدة. بالإضافة الى ماتقدم، فقد لوحظ حدوث تحجر في الخلايا المرافقة للحاء المسن في الزيزفون Tilia كما أن طبيعة الثقوب بينهما ترجح امكانية انتقال المواد فيما بينهما.

٣ - بارنكيما اللحاء

Phloem Parenchyma

يحتوي نسيج اللحاء في النباتات الزهرية على خلايا بارنكيمة، بخلاف الخلايا المرافقة تسمى بارنكيما اللحاء. ومع هذا، لا توجد بارنكيما اللحاء في الحزم الوعائية لكثير من النباتات ذوات الفلقة الواحدة.

وتقوم بارنكيما اللحاء باحتزان مواد مختلفة مثل حبيبات النشا والدهون والذباغ والراتنجات، والمواد المخاطية والحليب النباتي والبلورات وغيرها. ومعظم بارنكيما اللحاء تمتلئ بالنشا أو الزيت خلال فترات السكون.

وبارنكيما اللحاء متنوعة في شكلها، فهي تتراوح بين المتطاولة ذات الأطراف المستدقة

الى القصيرة الأسطوانية الواسعة، وعديدة الأضلاع. وقد تنقسم الخلايا المتطاولة، وهي صغيرة، عرضيا فيتكون من الخلية صف من خلايا صغيرة يحوى كل منها على بلورة واحدة من أكسالات الكالسيوم. وجدر بارنكيا اللحاء ابتدائية رقيقة محتوية على رقعات نقرية ابتدائية. وقد تصبح هذه الجدر سمكة وملجنة اذا توقف اللحاء عن نشاطه. وتوجد رقعات نقرية في الجدر الواقعة بين بارنكيا اللحاء والخلايا المرافقة. وفي الجدر بين بارنكيا اللحاء ووحدات الأنبوية الغربالية، توجد الرقعات النقرية على جانب الخلية البارنكسية، يقابلها مساحات غربالية في جدار وحدة الأنبوية الغربالية.

وفي كثير من عائلات النباتات ذوات الفلقتين، قد تنشأ خلايا بارنكيا اللحاء من نفس البداءة الخلوية التي تنشأ منها وحدة الأنبوية الغربالية. مثل هذه الخلايا البارنكسية قد تموت في نفس الوقت الذي يتوقف فيه نشاط وحدة الأنبوية الغربالية المرتبطة بها.

وبارنكيا اللحاء الابتدائي مستطيلة محورها الطويل مواز للامتداد الطولي للنسيج السعائي. إما في اللحاء الثانوى فإن الخلايا البارنكسية تصنف إلى مجموعتين؛ والبارنكيا المحورية Axial Parenchyma والبارنكيا الشعاعية Ray Parenchyma. البارنكيا المحورية توجد في صورة أشرطة أو خلايا مفردة، وتعرف باسم بارنكيا اللحاء. بينما البارنكيا الشعاعية تمتد في هيئة صفوف شعاعية أو قطرية يطلق عليها اشعة اللحاء Phloem Rays وهي تشبه اشعة الخشب في نفس النبات فقد تكون وحيدة الصف أو عديدة الصفوف. وقد تضم أشعة اللحاء اسكلريدات ذات بللورات.

(٤) ألياف اللحاء

Phloem Fibers

في كثير من النباتات مغطاة البذور، تكون الألياف واضحة في كل من اللحائين الابتدائي والثانوى. في اللحاء الابتدائي، توجد الألياف في الجزء الخارجى من هذا النسيج وقد تصبح هذه الألياف طويلة نتيجة للنمو الجماعى Symplastic Growth والنمو التوغلى الطرفى Apical Intrusive Growth. وألياف اللحاء الثانوى قد تكون غير مجزأة، أو مجزأة، كما قد تكون حية عند النضج وتقوم بتخزين النشا كما في الألياف المجزأة للعب، أو غير حية. وفي سيقان كثير من أنواع النباتات، تكون الألياف عبارة عن شرائط من خلايا طويلة ذات جدر سمكة خارج اللحاء الابتدائي يستفاد منها اقتصاديا، حيث تمثل المصدر الرئيسى للألياف النباتية التجارية مثل الياف الكتان Linum. وتنشأ الياف اللحاء الثانوى من خلايا الكامبيوم الوعائى المغزلية، وهي أقصر طولاً من ألياف اللحاء الابتدائي. قد تستطيل هذه الألياف بالنمو التوغلى الطرفى الا أنها عادة تبقى أقصر طولاً من ألياف اللحاء الابتدائي لنفس النبات.

وجدر الألياف سليولوزية سميكة، تكون كثيرا ملجننة وحيانا غير ملجننة، والنقر تكون بسيطة في جدر ألياف اللحاء وفتحاتها مستديرة أو على هيئة شق. وكثيرا توجد اسكلريدات في اللحاء، جنباً الى جنب مع الألياف او مستقلة وحدها. تتكشف الاسكلريدات في المناطق المسنة من اللحاء نتيجة لتصلب بعض الخلايا البارنكسية حيث تصبح جدرها سميكة ثانوية، وكثيرا تكون ملجننة، كما في اللحاء الثانوى للبلوط.

اللحاء الابتدائي Primary Phloem

ينشأ اللحاء الابتدائي في جنين البذرة، مثل الخشب الابتدائي، من الكامبيوم الأول Procambium ويتميز الى لحاء أول Protophloem ولحاء ثالي Metaphloem. يستمر تكوين اللحاء خلال مرحلة تطور الجسم الابتدائي للنبات، ويتوقف تكشفه عند استكمال بناء الجسم الابتدائي، كما هو الحال في نسيج الخشب الابتدائي، ويتعذر وضع حدود فاصلة دقيقة بين اللحاء الأول واللحاء التالى. ويمثل اللحاء الأول نقطة البداية في تكشف اللحاء الابتدائي بجسم النبات الابتدائي، وينشأ في مرحلة مبكرة أثناء نمو عضو النبات في الطول، مما يؤدي الى تحطمه وتوقفه عن القيام بوظيفته بعد فترة قصيرة من تكوينه. أما اللحاء التالى، فإنه يتضج بعد نهاية مرحلة النمو في الطول لعضو النبات في النباتات التي لا يحدث فيها نمو ثانوى يكون اللحاء التالى هو الجزء الرئيسى من اللحاء الابتدائي حيث يبقى نشطا طوال فترة حياة النبات في أعضاء جسمه الابتدائي. ومثل هذه اللحاء يوجد في معظم ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين.

ويركب اللحاء الأول من أنابيب غربالية ضيقة القطر وخلايا بارنكسية. والخلايا المرافقة غير موجودة أو نادرة. وتظهر الأنابيب الغربالية في مجموعات أو تكون مبعثرة بين خلايا بارنكسية. وتوجد ألياف على الحدود الخارجية لحزم اللحاء في عديد من سيقان ذوات الفلقتين مثل الكتان Linum. وتقوم الأنابيب الغربالية بوظيفتها في نقل الغذاء لبضعة أيام تمتط خلالها بسرعة وتتحطم أمام ضغط استطالة الخلايا المجاورة، ونظرا لعدم احتواء عناصرها على أنوية وعدم قدرتها على مسارية النمو في الخلايا المجاورة لعجزها عن الاستطالة السريعة، وفي النهاية تمحص وتندثر معها خلاياها المرافقة. في كثير من النباتات الزهرية تمثل الألياف جزءا هاما في اللحاء الأول، حيث تكون متجمعة في كتل أو مختلطة مع الخلايا البارنكسية في كثير من ذوات الفلقتين، والخلايا المتبقية في اللحاء الأول، بعد اندثار الأنابيب الغربالية، تتكشف الى ألياف.

واللحاء التالي نسيج معقد يحتوي على أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارننكيمية، وأخرى اسكلرنكيمية في صورة ألياف أو أحيانا اسكلريدات. في ذوات الفلقتين يتركب اللحاء التالي من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبارنكيميا لحاء. وعادة يفترس اللحاء التالي في ذوات الفلقتين إلى الألياف والتي توجد في اللحاء الأول. وفي ذوات الفلقة الواحدة، توجد الأنابيب الغربالية، والخلايا المرافقة، بينما تغيب الخلايا البارنكيمية. ويتحطم اللحاء التالي ويمتص أمام ضغط اللحاء الثانوي في النباتات التي يحدث فيها نمو ثانوي. والأنابيب الغربالية في اللحاء التالي تكون أكثر اتساعا منها في اللحاء الأول. وينضج اللحاء التالي بعد استكمال الأنسجة المحيطة لنموها في الطول. ويبقى اللحاء التالي فترة أطول من اللحاء الأول كنسيج ناقل. في النباتات التي لا يحدث فيها نمو ثانوي، يظل اللحاء التالي فعالا في نقل الغذاء. وفي الأنواع الخشبية والعشبية ذات النمو الثانوي، يصبح اللحاء التالي غير فعال بعد تكشف اللحاء الثانوي.

وفي ذوات الفلقة الواحدة، يمكن التمييز بين اللحاء الأول والتالي في الأعضاء الهوائية لعدم وجود الخلايا المرافقة في الأول ووجودها في اللحاء التالي. أما في ذوات الفلقتين فيتميز هذا التمييز لتداخلهما تدريجيا؛ اللحاء الداخلي - Internal or Intraxylary Phloem - بالإضافة إلى اللحاء الابتدائي الخارجي External Phloem العادي الذي يوجد خارج الخشب الابتدائي، يوجد في سيقان عدد كبير من ذوات الفلقتين مغطاة البذور مثل القرعية Cucurbitaceae والباذنجانية Solanaceae والعلاقية Convolvulaceae والمركبة Asteraceae. ويوجد هذا اللحاء إلى الداخل من الخشب الابتدائي، وهو قليل في مقداره، ويعتبر جزءا من اللحاء الابتدائي، ويشبه اللحاء الخارجي في تركيبه.

واللحاء الداخلي يمثل صفة تشريحية هامة في مغطاة البذور عند البحث عن أسلافها Ancestors التي تطورت عنها.

وأحيانا، توجد أشربة من اللحاء الثانوي مطمورة في الخشب الثانوي لبعض ذوات الفلقتين، تسمى Forminate or Interaxylary Phloem.

وتوجد طريقتان لتكوين هذا اللحاء الثانوي المطمور في الخشب، الأولى تتضمن أن بعض أشربة من اسطوانة الكامبيوم Cambium Cylinder يتكشف عن مشتقاتها، إلى الداخل، خلايا نسيج اللحاء لفترة من الوقت تعود بعدها إلى نشاطها العادي في تكوين الخشب الثانوي. والطريقة الثانية تتضمن تكوين أشربة اللحاء نتيجة لنشاط المشتقات الخشبية لبدائيات الكامبيوم، غير أن هذه البدايات لا تلبث أن يتوقف نشاطها، وتتشأ أجزاء أخرى من الكامبيوم خارج أشربة اللحاء تقوم مشتقات بداياتها بتكوين خشب،

وبذلك تصبح أشرطة اللحم محصورة بين مكونات الحشب الثانوى.

وظيفة اللحماء

الوظيفة الأساسية لنسيج اللحماء تتركز في نقل الغذاء من مناطق تجهيزه الى مناطق أخرى، حيث يستهلك فيها الغذاء أو يخزن، وأكثر مكونات اللحماء تخصصا في نقل الغذاء هي الأنابيب الغربالية. أما الألياف والاسكليدات فتقوم، الى حد ما، بتدعيم الأعضاء وحماية الأنسجة الطرية. وكثير من الخلايا البارنكيمي تقوم بتخزين النشا، وغيرها تخزن بلورات ومواد أخرى متنوعة.

الفصل الثاني عشر

THE EPIDERMIS

البشرة

-	بقاء البشرة	-	الشعور
-	منشأ البشرة	-	البريدرم
-	محتويات خلايا البشرة	-	منشأ البريدرم
-	الأدمة	-	تركيب البريدرم
-	تركيب البشرة في العائلة النجيلية	-	وظيفة البريدرم
-	البشرة المتضاعفة	-	الرايتيدوم
-	الثغور	-	نبات بلوط الفلين
-	تركيب الخلية الحارسة	-	الطبقات الواقية في ذوات الفلقة
-	ميكانيكية حركة الخلايا الحارسة	-	الواحدة
-	منشأة الثغور	-	العديسات
-	تصنيف الثغور	-	منشأ العديسات
-	زوائد البشرة	-	بقاء العديسات

الفصل الثاني عشر

البشرة

THE EPIDERMIS

البشرة، هي طبقة الخلايا السطحية الواقية لكل أعضاء الجسم الابتدائي للنبات من جذور وسيقان وأوراق وأزهار وثمار وبذور. وتعتبر البشرة غائبة على قنسوة الجذر وغير متكشفة على المرستيمات القمية في السيقان والبراعم.

والبشرة معرضة للبيئة التي يعيش فيها النبات، ولهذا تحدث فيها تحورات تركيبية معينة لتتوافق مع عوامل هذه البيئة.

وتقوم البشرة في أعضاء النبات بوظائف متنوعة منها:

- ١ - حماية الأنسجة الداخلية لأعضاء النبات من فقد الماء ومن الأضرار الميكانيكية، وتساعد على تقوية هذه الأنسجة بترتيبها المحكم ووجود طبقة الأدمة القوية.
- ٢ - تنظيم عملية التنح، وتقوم بتبادل الغازات من خلايا الثغور Stomata. في عملية التنفس والبناء الضوئي، وقد تتم فيها عملية البناء الضوئي كما في نبات الألوديا Elodia.

- ٣ - بعض خلايا البشرة تتحور في تركيبها وتقوم بوظيفة افرازية كما في أوراق النباتات آكلة الحشرات حيث تفرز مواد لزجة أو عصارات هاضمة، هذا بالإضافة الى الشعور الغدية والغدد الحقيقية.

- ٤ - في بعض النباتات تتكون طبقة من الشمع على سطوح أوراقها فتغطي البشرة فيها. ففي نبات نخيل الشمع البرازيلي Copernicia cerifera. يوجد الشمع على سطوح الأوراق الصغيرة في صورة طبقة قد يصل سمكها الى حوالي ٥ ملليمترات. وقد يقوم بافراز الشمع شعور غدية من البشرة في ثمار شجرة Myrica وكل من هذين النوعين من الشمع ذات قيمة اقتصادية.

- ٥ - قد تقوم بعض خلايا البشرة بتخزين الماء كما في نبات حشيشة الثلج

Mesembryanthemum crystallinum وتسمى هذه الخلايا المائتات المائية
.Water Vesicles

٦ - تتكون شعور كثيفة على بشرة أوراق بعض النباتات الصحراوية تمنع فقد الماء من أنسجتها الداخلية وبالتالي من أعضاء النبات الأخرى.

٧ - في بعض النباتات، يتكون الكامبيوم الفليني في نسيج البشرة والذي يقوم بتكوين نسيج الفلين الواقي لأنسجة النبات كما في نبات الدفلة Nerium والبلوط Quercus.

٨ - في الجذور الخشبية، تقوم خلايا البشرة بامتصاص الماء والمواد الذائبة نظرا لجدرها الرقيقة، هذا بالإضافة الى الشعيرات الجذرية.

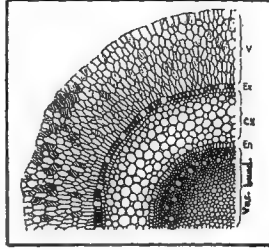
والبشرة في معظم النباتات مغطاة البذور تتركب من صف واحد من الخلايا فتسمى بشرة وحيدة الصف Uniseriate Epidermis. وفي أوراق عدد من النباتات لاسيا التي تنتمي الى العائلة التنوتية Moraceae والفلفلية Piperaceae تتركب البشرة من بضعة صفوف من الخلايا فتسمى بشرة متضاعفة Multiple Epidermis أو بشرة عديدة الصفوف Multiseriate Epidermis. البشرة المتضاعفة في أوراق هذه النباتات تتخصص في تخزين حويصلات حجرية Crystolith من كربونات الكالسيوم (شكل ٤٨).

والحجاب الجذري Velamen تركيب غطائي يوجد في بعض النباتات الاستوائية المعالقة من العائلة الأوركيدية Orchidaceae وهو عبارة عن بشرة متضاعفة (شكل ٧٣) يتركب من بضعة صفوف من خلايا ميتة مهياة لامتناس الرطوبة من الهواء وحماية القشرة من فقد الماء.

والبشرة في الجذر تختلف عن نظيرتها في الساق في التركيب والوظيفة والمنشأ، ولهذا فان البعض يرى أنها تنتمي الى فئة خاصة بها، وتعطى اسما مستقلا هو Rhizodermis أو Epiblem.

بقاء البشرة

تعتبر البشرة نسيجا ابتدائيا دائما. وتبقى البشرة في أعضاء النبات، مثل الأوراق والأزهار ومعظم الثمار، طالما بقى النبات حيا. في جذور وسيقان النباتات التي لا يحدث فيها نمو ثانوى أو التي يكون فيها هذا النمو ضئيلا، تبقى البشرة طوال حياتها. أما في الجذور والسوق التي يحدث فيها نمو ثانوى، كما في ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الشجرية Arborescent Monocotyledons فان عمر البشرة يكون مختلفا وعموما تبقى البشرة حتى يحل البريديم Periderm مكانها.



(شكل ٧٣): قطاع عرضي في جلد هوائي لنبات الأوركيد يوضح الحجاب الجذري والاكسودرمس والاندودرمس والخلايا الممررة

وفي أنواع كثيرة من النباتات مثل الاسفندان *Acer campestre* والكافور *Eucalyptus* والسط *Acacia* يتأخر تكوين البريدرم لعدة سنوات ويرجع ذلك الى أن خلايا البشرة والقشرة تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام، وتنقسم قطريا وتتسع مما يسبب الخلايا الناعمة عن الانقسام وبذلك يزداد محيط كل منها فيتمكنان من مواجهة الزيادة في قطر الساق نتيجة للنمو الثانوي. وفي نبات الاسفندان *Acer* تظل الساق محتفظة بالبشرة الأصلية حتى عمر ٢٠ سنة. في هذه الفترة يصبح قطر الساق عدة أمثال ما كان عليه عند استكمال نموه الابتدائي، حوالي ٢٠ سنتيمترا.

عادة ينشأ البريدرم في السنة الأولى لنمو الجذور والسيقان الخشبية ويتكوين البريدرم يتوقف امداد البشرة بالغذاء والماء فتموت خلاياها ثم تسلك وتسقط

منشأ البشرة

تنشأ البشرة، في السيقان والأوراق والأجزاء الزهرية، طبقا لنظرية الغلاف والبدن، من الطبقة السطحية للغلاف *Tunica* نتيجة للانقسامات العمودية في خلاياه. في النباتات التي لا تتميز فيها غلاف وبدن في المرستيم القمي، كما في بعض مغطاة البذور، لا يوجد للبشرة بدايات منفصلة ولهذا تنشأ من ناتج نشاط المشتقات الجانبية للبدايات القمية. هذه المشتقات تنقسم بمستوى عمودي على السطح وموازي له. وتبعاً لذلك تتكون البشرة وما تحتها من طبقات القشرة، وتصبح مميزة على أبعاد مختلفة من المرستيم القمي.

في معظم الجذور ذات الفلقتين، تنشأ البشرة مع القلنسوة من مرستيم واحد يدعى منشأ البشرة والقلنسوة *Dermatocalyptrogen*. وفي ذوات الفلقة الواحدة، تنشأ

البشرة من الطبقة الخارجية للمرسيم منشىء القشرة Peribem. وفي حالات قليلة جدا توجد أربعة مناطق منشئة للنسجة الابتدائية في الجذور، ولهذا تنشأ البشرة مستقلة من منشىء البشرة Dermatogen. يتضح من ذلك أن البشرة في الجذر، تكون مرتبطة، من حيث المنشأ، بالقلنسوة أو القشرة، ونادرا ما يكون لها منشىء مستقل في قمة الجذر.

تركيب البشرة

نظرا لتعدد وظائف البشرة، فانها تتألف من عدة طرز من الخلايا. الجسم الأساسي لنسيج البشرة يتركب من الخلايا العادية التي تعتبر أقل خلاياها تخصصا. تتوزع بين هذه الخلايا أنواع أخرى من خلايا متخصصة مثل الخلايا الحارسة للغفور والمساعدة، والخلايا المحركة في أوراق النباتات النجيلية، والخلايا الإفرازية، وخلايا الحويصلات الحجرية.

هذا بالإضافة الى خلايا الفلين Cork Cells والسليكا Silica Cells في سيقان العائلة النجيلية Poaceae.

وتوصف خلايا البشرة العادية بأنها منبسطة الشكل، جدرها القطرية تكون أقصر من المماسية. وأحيانا، تأخذ خلايا البشرة شكل الخلايا العمادية فتكون الجدر القطرية أكثر طولاً من المماسية كما في الاسكلريدات العمادية Macrosclereids التي تتكون منها بشرة أغلفة بعض البذور مثل القطن Gossypium وفول الصويا Glycine max والفاصوليا Phaseolus vulgaris.

وتظهر خلايا البشرة في المنظر السطحي متساوية الاقطار تقريبا أو متطاولة. توجد الخلايا المتطاولة على السيقان وأعناق الأوراق والعروق الإسطية، وأوراق معظم النباتات ذوات الفلقة الواحدة. وقد تتباين خلايا البشرة على سطحي الأوراق في الشكل والحجم وسلك طبقة الكيوتين.

في كثير من الأوراق وبتلات الأزهار تكون جدر خلايا البشرة العادية متموجة في المنظر السطحي، وكثيرا يكون هذا التمزج في خلايا السطح السفلى للورقة فقط أو أكثر وضوحا على السطح السفلى منه على العلوى وتبدو الخلايا كأنها مقفصة متداخلة في بعضها مما يؤدي الى زيادة تماسكها. والجدار الخارجى للخلايا يكون مستويا أو محدبا.

قد تنحرف بعض خلايا البشرة انحرافا كبيرا عن الشكل العام لها. وفي بعض نباتات العائلة النجيلية وذوات الفلقتين تحتوى البشرة على خلايا شبه ليفية قد يصل طولها في العائلة النجيلية Poaceae الى أكثر من ٣٠٠ ميكرون. بعض نباتات العائلة الصليبية Brassicaceae تحتوى البشرة فيها على خلايا شبه كيسية افرازية تسمى خلايا المروسين

Myrocin Cells. وفي العائلة القرعية Cucurbitaceae والتوتية Moraceae تحتوي البشرة على خلايا حويصلية Lithocysts تحتوي بداخلها على حويصلات حجرية. وأحيانا، ترتب البشرة كلها من خلايا متخصصة كما في بعض الحراشيف التي تتألف فيها من طبقة من اسكلريدات Sclereids.

وترتب خلايا البشرة في أحكام، فلا توجد بينها مسافات بينية الا في مواضع الخلايا الحارسة للشعور.

وتوجد مسافات بينية في بشرة بتلات الأزهار غير أنها تبدو مغلقة من الخارج بطبقة من الكيوتين.

محتويات خلايا البشرة

خلايا البشرة العادية حية ذات بروتوبلاست نشط تنوسطه، فجوة عصارية كبيرة. يوجد السيئوبلازم في صورة طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية وتحيط بالفجوة العسارية. وتحتوى الخلايا على بلاستيدات غير ملونة. وتوجد البلاستيدات الخضراء في الخلايا الحارسة للشعور، ومع هذا، تحتوي خلايا البشرة في بعض النباتات المائية وكثير من نباتات الظل البذرية على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء.

وتخزن خلايا البشرة بداخلها مواد متنوعة مثل صبغات الأنثوسيانين في بتلات كثير من الأزهار وأوراق بعض نباتات مثل الكوليس Coleus وأعناق أوراق نبات الخروع Ricinus communis والكركدية Hibiscus sabdariffa. وكثيرا يوجد الدباغ والزيوت والمواد المخاطية في خلايا البشرة، وأحيانا تحتوي على بلورات متنوعة في الشكل والتراكيب مثل الحويصلات الحجرية والسليكا.

ويتميز بروتوبلاست خلايا البشرة بأنه نشط يحتفظ بنشاطه في الانقسام الخلوى والنمو في فترات طويلة مما يجعل الخلية قادرة على استئناف نشاطها المستمى فتتحول الى كامبيوم فليني كما في سيقان الدفلة Nerium والورد Rosa وغيرهما كما تنقسم قطريا وتتسع ماسيا لتواجه الزيادة في قطر الساق نتيجة للنمو الثانوى كما في الاسفندان Acer.

تركيب جدار الخلية

يختلف سمك جدار خلايا البشرة في الأعضاء الهوائية للجسم الابتدائى للنبات تبعا لنوع النبات والعصو، وكذلك الظروف البيئية، هذا بالإضافة الى أن جدر الخلية كثيرا تكون غالبا غير متماثلة في السمك.

وعادة تكون الجدر الخارجية أكثر سمكا من القطرية والداخلية، وقد يكون التغليظ زائدا لدرجة ينطمس فيها تقريبا تجويف الخلية. والجدار المماسى الداخلى في الخلية

يكون أقل جذرها في السمك.

وتتميز خلايا البشرة في أغلفة البذور البقولية، وأخرى غيرها، بأنها عبارة عن اسكلريدات عمادية Macrosclereids جذرها ثانوية سميكة ملجننة، غير منتظمة السمك. والبشرة في الأوراق الحرشية للبصل والثوم عبارة عن اسكلريدات متصلة (شكل ٦٥).

وتحتوي الجدر القطرية والماسية الداخلية لخلايا البشرة على رقعات نفرية ابتدائية، غالباً تمتد خلالها روابط بلازمية. قد توجد هذه الرقعات أيضاً في الجدر الخارجية ويطلق على الروابط البلازمية فيها اسم الروابط الخارجية Ectodesmata. يرجح أن هذه الأخيرة تمثل الممر لانتقال الكيوتين والشمع الى سطوح الخلية.

واللجنين من المواد التي يقل وجودها في جدر خلايا بشرة مغطاة البذور، ومع هذا فإنه يوجد في جدر خلايا البشرة في بعض ذوات الفلقتين مثل الكافور Eucalyptus والبلوط Quercus، وفي أوراق قليل من ذوات الفلقة الواحدة مثل نباتات العائلة السعدية Cyperaceae والسيارية Juncaceae والنجيلية Poaceae. كما ترسب السليكا في جدر خلايا البشرة في العائلة النجيلية والسيارية وكثير من أنواع النخيل. وفي بعض النباتات، قد تصبح جدر خلايا البشرة مغطاة لاسيما في حالة قصرة البذور.

الأدمة

CUTICLE

باستثناء الجذور والأجزاء المغمورة في الماء لبعض النباتات المائية، تتميز خلايا البشرة في الأعضاء الهوائية بأن سطوحها الخارجية تكون مغطاة بطبقة من مادة الكيوتين Cutin تسمى الأدمة Cuticle (شكل ٥٠)، فيها عدا فتحات الثغور والعديسات Lenticels. وتغطي الأدمة كل أجزاء النبات فيما عدا المرستيات القمية بالإضافة الى الجزء الطرفي من الجذر والساق، كما تغطي الأجزاء الزهرية والغدد الرحيقية وزوائد البشرة. يوجد الكيوتين أيضاً في صورة طبقة رقيقة على جدر الغرف الهوائية للثغور أو السطوح السائبة لخلايا النسيج المتوسط والجدر الداخلية لخلايا بشرة الورقة التي تكون مواجهة للفراغات الهوائية. هذه الطبقة من الكيوتين تتصل بالأدمة من خلال فتحات الثغور والتي تكون السطوح السائبة للخلايا الحارسة مغطاة أيضاً بالكيوتين. حينما تنضج الأدمة تصبح جامدة وتقاوم الشد والتمزق وتساعد في تدعيم البشرة. ويختلف سمك طبقة الأدمة تبعاً لبيئة النبات. فتكون الأدمة رقيقة جداً في نباتات الظل، ومعدومة أو رقيقة في نباتات البيئة المائية، وسميكة في النباتات الصحراوية. وتوجد أدمة على غلاف الثمرة مثل البرقوق Prunus والطلح Lycopersicon وبعض أصناف التفاح Malus وغيرها. والثيار

التي تنمو في ضوء الشمس ذات أدمة أكثر سمكا من أدمة الثمار التي تنمو في الظل .
وسطح الأدمة يكون عادة أملس ، غير أنه أحيانا يشقق وقد تتمزق أجزاء منه فيصبح خشن الملمس كما في ساق الاسفندان Acer. ويؤدي تمزق أجزاء من الأدمة الى تعريضها بهادة كيوتين جديدة من خلايا البشرة Cutinization. وقد يمتد التكوين الى الجدر القطرية والمماسية الداخلية للخلايا وقد يصل الى خلايا القشرة الملاصقة للبشرة .

ويعتبر الكيوتين مادة شبه عجة للماء ، ويوضح هذه الصفة حدوث التنح من خلال الأدمة فيما يسمى بالتنح الأديمي Cuticular Transpiration ونفاذ المواد المتنوعة التي ترش بها النباتات لأغراض معينة . ويبلغ التنح الأديمي حوالي ١٠٪ والباقي عن طريق الثغور .

الجزء الخارجى من جدار خلية البشرة الذي يقع تحت الأدمة يكون مكونا معقد التركيب لاسيما في النباتات التي يكون فيها سميكا . ويتركب من صفائح من السيليلوز المكونن متبادلة مع أخرى سيليلوزية غنية بالبكتين .

وتوضح بعض الأدلة أن الكيوتين يظهر على سطح خلايا بشرة الأعضاء الهوائية من خلال الروابط البلازمية الخارجية التي توجد في الجدر الخارجية لخلايا البشرة حيث تتجمع على السطح ليتكون عنها الأدمة . ويرى البعض أن الجدر السيليلوزية تتميز بوجود مسام شعرية دقيقة قد تسمح بمرور الكيوتين والشمع من خلالها .

وتلتصق الأدمة بالسطح الخارجى لخلايا البشرة ، وقد تفصل عنها أحيانا بتواءات منها تمسكها بالبشرة وتمتد قليلا فوق الجدران القطرية للخلايا مثلما يشاهد في أوراق نبات الموز Musa. وابتعاد طبقة الأدمة عن سطح البشرة ووجود هواء بينها يكسب الأوراق مظهرها لامعا فضيا .

قد يوجد الشمع والراتنجات والأملاح المتبلورة في صورة ترسبات سطحية على الأدمة في الأجزاء الهوائية للنبات لاسيما الأوراق . ترسبات الشمع تكون متبلورة في صورة حبيبات صغيرة أو كبيرة أو قضبان ذات نهايات خطافية أو تركيب شبكى من أجزاء دقيقة . يكسب الشمع الأعضاء التي يتسبب عليها لونا فضيا كما في ثمار البرقوق Prunus cerasifera والعنب Vitis. وتكون الشمع على سطوح الأوراق يؤثر في مدى فعالية مواد الرش المختلفة حيث يمنع ملامسة السوائل لسطوحها . وأحيانا يكون لهذا الشمع أهمية اقتصادية كما في شمع كارنوبا Carnauba wax الذي يحصل عليه من سطوح أوراق نخيل الشمع البرازيل Copernicia cerifera.

والأدمة تقاوم الكائنات الدقيقة لدرجة كبيرة ، ولهذا تكفل بعض الحماية ضد الفطريات الممرضة . وقد تبقى الأدمة محفوظة للملايين السنين دون أن تتحلل . وتزيد

الأدمة من قدرة البشرة على الحماية الميكانيكية لأنسجة النبات ومن الجفاف.

تركيب البشرة في العائلة النجيلية

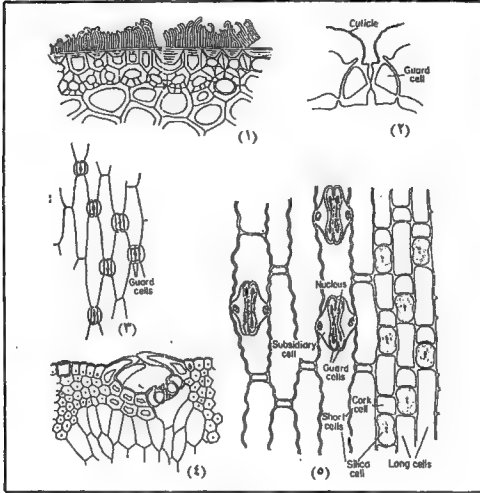
بالإضافة إلى الخلايا العادية في البشرة، توجد تنوعات خلوية في الأعضاء الهوائية لنباتات العائلة النجيلية Poaceae. وتحتوي البشرة على خلايا طويلة ونوعين من خلايا قصيرة تتجمع عادة في أزواج. يعرف النوع الأول بخلايا السليكا Silica Cells والثاني بخلايا الفلين Cork Cells (شكل ٧٤). خلايا السليكا تمتلئ بأكسيد السليكون SiO_2 ويتنوع في أشكالها، أما خلايا الفلين فإن جدرانها مسورة وغالبا تحتوي على مواد عضوية صلبة، وهي أيضا تحتوي على سليكا.

وتنشأ من خلايا البشرة في الأوراق تراكيب مختلفة في صورة أشواك صغيرة أو شعور جامدة. تحتوي البشرة في العائلة النجيلية على خلايا ليفية قد يصل طولها إلى أكثر من ٣٠٠ ميكرون. ترتب خلايا البشرة في صفوف متوازية، ويختلف ترتيب هذه الصفوف في أجزاء النبات المختلفة. فمثلا، البشرة الداخلية لقمة الورقة عند القاعدة، متائلة في الشكل وخلاياها كلها طويلة. وفي غير هذا الموضع من الأوراق، توجد تجمعات من خلايا متنوعة؛ صفوف من خلايا طويلة وثغور توجد فوق النسيج التمثيلي، أما فوق العروق Veins فتوجد خلايا طويلة مختلطة بخلايا فلين أو أشواك في الساق، ويختلف تركيب البشرة تبعاً لمستواها في السليمة، وموضع السليمة في الساق.

وبشرة العليا للأوراق في العائلة النجيلية وكثير من ذوات الفلقة الواحدة تحتوي على نوع غريب من الخلايا يسمى الخلايا اللافة Bulliform Cells تتميز بحجمها الكبير وفجواتها الواسعة الممتلئة بالماء وفقيرة في المحتويات الصلبة. وقد تغطي الخلايا جميع السطح العلوي للورقة أو توجد في مجاميع على شكل أشرطة متوازية تمتد فيما بين العروق، ترتب من عدة خلايا.

ففي القطاعات العرضية للأوراق تبدو في شكل مروحة، الخلية الوسطى أكبر حجماً من بقية الخلايا، في هيئة أوتاد. وقد توجد الخلايا اللافة على سطحي الورقة. وتتركب جدر الخلايا اللافة من السيلولوز والبكتين، والجدر القطرية والداخلية تكون رقيقة بينما الخارجية تكون في سمك جدر الخلايا الأخرى العادية المجاورة، وقد تكون أكثر منها في السمك، وهي مكوتنة وتكسوها أدمة. ويندر وجود التانينات والبلورات في الخلايا اللافة، وقد تخزن هذه الخلايا السليكا، وتحتوي الخلايا على كميات كبيرة من الماء ذات كلوروفيل ضئيل أو معدوم.

والوظيفة الرئيسية لهذه الخلايا تتركز في الدور الذي تقوم به في التفاف وانسباط



(شكل ٧٤)

- (١) جزء من قطاع عرضي في بشرة ساق قصب السكر يبين الترسبات الشمعية في هيئة شعور أو قضبان.
- (٢) قطاع عرضي في ثمر لبنا البصل يوضح تركيبه.
- (٣) منظر سطحي للبشرة في نبات الأيبرس يوضح ترتيب الثغور في صفوف طويلة.
- (٤) قطاع عرضي في نصل ورقة يوضح الثغر المغائر تكسوه شعور.
- (٥) منظر سطحي لبشرة نبات نجيلي يوضح خلايا السليكا والفلين وتركيب الثغر.

النصل في الأوراق الناصجة نتيجة للتغيرات التي تحدث في درجة انتفاخها. ففي الجو الجاف يؤدي انكماشها إلى التفاف النصل مما يقلل النتح، بينما في حالة توفر الرطوبة يظل النصل منبسطا وهناك اتجاه آخر يؤيد الوظيفة الاختزانية للماء لهذه الخلايا. فقد أوضحت بعض الدراسات أن الخلايا اللافة لادخل لها في التفاف الأوراق أو تخزين الماء.

والخلايا الحامسة للثغور Guard Cells في أوراق نباتات العائلة النجيلية Poaceae تترتب في صفوف منتظمة وهي ذات شكل مميز فهي صولجانية الشكل في المنظر السطحي ذات طرفين متفتحين جدرها رقيقة. والجزء الأوسط للخلية مستقيم وضيق وغير منتظم السمك.

البشرة المتضاعفة MULTIPLE EPIDERMIS

وهي بشرة عديدة الطبقات Multiseriate توجد في أوراق بعض العائلات النباتية مثل التوتية Moraceae والفلقية Piperaceae والحريقية Urticaceae والبيجنونية Bigoniaceae كما توجد أيضا في أوراق النخيل وجذور الأوركيد. وتنشأ البشرة المتضاعفة كصف واحد من الخلايا في فصل الورقة اليافعة ثم تتعدد صفوف الخلايا نتيجة للانقسامات المماسية في هذه الخلايا وفي مشتقاتها الخلوية. الطبقة الخارجية من البشرة المتضاعفة تماثل في تركيبها طبقة البشرة العادية، وخلاياها تكون أصغر حجما من خلايا الطبقات التي تليها الى الداخل. والطبقات الداخلية تكون خلاياها كبيرة الحجم خالية من البلاستيدات الخضراء، وعادة يوجد بينها مسافات بينية.

ويتراوح عدد صفوف البشرة المتضاعفة بين ٢-١٦ صف تبعا لنوع النبات. ففي التين المطاط Ficus elastica تتركب البشرة المتضاعفة من ٣-٤ صفوف (شكل ٤٨) بينما في نبات Peperomia يصل عدد الصفوف في البشرة المتضاعفة في الورقة الى حوالي ١٥ صف، وهي تمثل حوالي ٧ أمثال سمك النسيج المتوسط للورقة.

والحجاب الجلدى Velamen الموجود في الجذور الهوائية للنباتات الاستوائية المعلقة Tropical Epiphytes لاسيما أنواع العائلة الأوركيدية Orchidaceae والقلقاسية Araceae يعتبر بشرة متضاعفة تتركب من عدة صفوف من الخلايا نشأت عن أصل واحد هو منشأ البشرة. وخلايا هذا الحجاب تكون مقواة بتغلظات ثانوية حلزونية أو شبكية.

الثغور STOMATA

الثغور هي التراكيب التي تتميز بها بشرة الأعضاء الهوائية الخضراء للنبات لاسيما الأوراق والسيقان الحديثة، ويتم خلال فتحاتها تبادل الغازات بين أنسجة النبات والهواء الخارجى، وتعتمد وظائف التنفس والبناء الضوئى والتتح على هذا التبادل الغازى.

وكثيرا توجد الثغور في سبلات وبتلات الأزهار، وفي الأسدية والكرابل، وهذه غالبا

لاتقوم بوظيفتها. ولا توجد ثغور في الجذور، ومع هذا، فهي توجد في الريزومات.

يتربك الثغر Stoma من فتحة ضيقة Aperture تحيط بها خليتان تدعيان الخليتان الحارستان Guard cells. وقد تتصل الخليتان الحارستان مباشرة ببقية خلايا البشرة أو يكون اتصالها عن طريق خلايا أخرى متخصصة تسمى الخلايا المساعدة Subsidiary cells. وتختلف في أشكالها وتركيبها وترتيبها عن بقية خلايا البشرة، وعددها خليتان أو أكثر. وتسهم هذه الخلايا في النشاط الفسيولوجي للخلايا الحارسة. ويبلغ طول فتحة الثغر حوالي ١٨ ميكرون واتساعها حوالي ٦ ميكرون. تتصل فتحة الثغر داخلياً بمسافة بيئية واسعة تسمى غرفة الثغر Stomatal chamber. ويطلق كلمة ثغر Stoma على الفتحة الموجودة في البشرة بالإضافة إلى الخليتين الحارستين والخلايا الأخرى المساعدة.

توزيع الثغور

يختلف توزيع الثغور على سطوح الأوراق الخضراء تبعاً لنوع النبات. وغالباً توجد الثغور على السطحين العلوي والسفلي وتسمى الورقة Amphistomatic leaf وأحياناً على السطح العلوي فقط Epistomatic leaf أو السفلي Hypostomatic leaf.

في أوراق بعض النباتات مثل التفاح Malus Sylvestris والكوليس Coleus والبيجونيا Begonia والخوخ Prunus persica توجد الثغور على السطح السفلي فقط. وفي حالات قليلة، توجد الثغور بأعداد متقاربة على كل من السطحين العلوي والسفلي مثل الذرة Zea. (٥٢٠٠ ثغر على السطح العلوي، ٦٨٠٠ على السطح السفلي) والشوفان Avena حوالي (٢٥٠٠ ثغر على السطح العلوي، ٢٣٠٠ على السطح السفلي). وعادة يكون عدد الثغور على السطح السفلي أكبر من على العلوي كما في البطاطس Solanum tuberosum حوالي (٥٠٠٠ ثغر على السطح العلوي و ١٦ ثغر على السفلي)، وتباع الشمس Helianthus Annuus (٥٨٠٠ ثغر على السطح العلوي، ١٥٦٠٠ ثغر على السفلي) والطماطم Lycopersicon esculentum (١٢٠٠ ثغر على السطح العلوي، ١٣٠٠ ثغر على السفلي) وفي الفاصوليا Phaseolus vulgaris يوجد ٤٠٠٠ ثغر على السطح العلوي، ٢٨٠٠٠ على السطح السفلي. وهذه الأعداد بالنسبة للمستيمتر المربع.

ويختلف عدد الثغور أيضاً تبعاً لبيئة النبات. ففي النباتات المائية، تتركز الثغور فيها على السطح العلوي فقط في الأوراق الطافية ولا توجد في الأوراق المغمورة على السطحين. وفي نباتات الظل Shade plants يكون عدد الثغور على السطح العلوي أكثر من السفلي. وفي النباتات الأرضية الوسيطة تكون الثغور أكثر عدداً على السطح السفلي

منه على العلوى، وذلك في الأوراق ذات الجانبين Dorsiventral leaves. وفي الأوراق متشابهة الجانبين Isobilateral leaves (أى التي يوجد النسيج العمادى فيها على الجانبين) تتوزع الثغور تقريبا بالتساوى على السطحين. وفي النباتات الصحراوية Xerophytes ينخفض عدد الثغور بدرجة كبيرة وتتركز على السطح السفلى.

وفي معظم النباتات يتراوح عدد الثغور بين ١٠٠-٣٠٠ في المليمتر المربع من سطح الورقة تحت ظروف البيئة الوسيطة، بينما في النباتات الصحراوية فإن العدد ينخفض الى حوالى ١٥-١٠ ثغر. وعادة، يزداد عدد الثغور تجاه قمة الورقة والحافة حيث تصغر الخلايا وتبقى نسبة عدد الثغور الى عدد الخلايا في البشرة ثابتة.

وفي معظم الأوراق ذات التعريق المتوازي، مثل ذوات الفلقة الواحدة، ترتب الثغور في صفوف متوازية بحيث يكون محورها الطويل مواز للمحور الطويل للورقة. وفي الأوراق ذات التعريق الشبكي مثل ذوات الفلقتين تكون الثغور موزعة بغير نظام. يندر وجود الثغور فوق عروق الورقة.

ويختلف مستوى موضع الثغور بالنسبة لبقية خلايا البشرة تبعاً لنوع النبات. فغالبا تكون الثغور في مستوى بقية خلايا البشرة، وقد ترتفع قليلا عن هذا المستوى كما في جنس Solanum والذرة Zea والخرخوخ Prunus persica وقد تنخفض قليلا عنها كما في الموز Musa. وفي بعض النباتات تكون الثغور غائرة تحت مستوى خلايا البشرة في تجاويف تسمى السرايب الثغرية Stomatal crypts تحتمى الثغور بداخلها. هذه السرايب تكون عادة مغطاة بشعور كثيفة كما في ورقة نبات قصب الرمال Ammophila arenaria حيث تتركز الثغور على السطح السفلى، وفي ساق نبات الرتم Retma monosperma وهما من النبات الصحراوية المصرية. وفي نبات الدفلة Nerium وهو من نباتات البيئة الرسيطة Mesophytes توجد الثغور غائرة في تجاويف على السطح السفلى تكسوها شعور سطحية، وتمتد الى حوالى ٣/١ النسيج المتوسط للورقة. وتعرف هذه الثغور باسم الثغور الغائرة Sunken stomata.

تركيب الخلية الحارسة

تتميز الخلية الحارسة Guard cell عن بقية خلايا البشرة باحتوائها على بروتوبلاست كثيف به نواه كبيرة وبلاستيدات خضراء. صفائح البذيرات في هذه البلاستيدات تكون أقل عددا وانتظاما من الصفائح التي توجد في بلاستيدات النسيج المتوسط في الورقة، وهى وحدها بين خلايا البشرة، التي يوجد بها نشا انتقالى.

في معظم النباتات تكون الخلية الحارسة كلوية الشكل تقريبا، جدرها غير منتظمة

السمك. الجدار الأمامي للخلية الحارسة المواجهة لفتحة الثغر يكون سميكاً إلا من جزئه الأوسط الذي يبرز تجاه وسط الثقب.

أما الجدار الخلفي الملاصق للخلية المجاورة فيكون رقيقاً ومرناً. وتتميز الخلية الحارسة أيضاً بأن لها حافة Ledge بارزة سمكية، من مادة الجدار زائدة التكون، على كل من سطحها العلوى والسفلى عند فتحة الثغر كما في الموز Musa أو على العلوى فقط كما في الخوخ Prunus Persica. وتظهر هذه الحافة في شكل قرن أو منقار عند فتحة الثغر.

وإذا وجدت حافتان، فإن العليا تحصر تجويفاً أمامياً بينها وبين قناة الثغر، أما السفلى فتحصر تجويفاً آخر بين قناة الثغر والغرفة تحت الثغر Substomatal chamber. والقناة الثغرية تمتد بين فتحة الثغر والغرفة تحت الثغرية. وأحياناً لا تتكون أى حافة.

وبجدار الخلية الحارسة يكون مكوتنا ويغطي من الخارج بطبقة أدمة تمتد على سطحها المواجه لفتحة الثغر حتى الغرفة تحت الثغر حيث يلتقى بطبقة الكيوتين التي تكسو جدر خلاياها المواجهة للغرفة الهوائية. ويوجد اللجنين في بعض أجزاء جدر الخلايا الحارسة في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae وبعض ذوات الفلقتين. ويحتمل وجود روابط بلازمية بين الخلايا الحارسة والمساعدة. الخلايا المساعدة تكون جدرها أقل سمكاً من بقية خلايا البشرة.

في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae تشاهد الخلية الحارسة صولجانية الشكل، مستقيمة ضيقة في الوسط وطرفيها منتفخان.

الجزء الأوسط الضيق يكن جداره سميكاً بدرجة ملحوظة إلا من مجرى ضيق، والأجزاء الطرفية المنتفخة تظل رقيقة. وقد يكون الجدار الواقع بين الطرفين المنتفخين للمخليتين الحارستين غير كامل، وبذلك يلتقى بروتوبلاستى الخليتين معاً. نواة الخلية تكون متطاولة تأخذ شكل تجويف الخلية، ولها طرفين كبيرين يصلهما معاً جزء خيطى. ويحاط الثغر بخليتين مساعدتين، واحدة على جانب كل من الخليتين الحارستين.

ميكانيكية حركة الخلايا الحارسة

تقوم الثغور بتنظيم التبادل الغازى بين المسافات البينية في جسم النبات والهواء الخارجى. وتعتمد وظائف التنفس والبناء الضوئى والنتح على هذا التبادل الغازى. يختلف حجم فتحة الثغر تبعاً لنوع النبات كما تختلف أيضاً في نفس النبات. ففي الخروع طول الفتحة ١٠ ميكرون والعرض ٤ ميكرون، وفي تباع الشمس ٢٢ ميكرون في الطول، ٨ في العرض، وفي الذرة الشامية ١٩ ميكرون في الطول، ٥ في العرض. وميكانيكية عمل الثغور في تنظيم التبادل الغازى ترجع الى التركيب المميز في الخلايا

الحارسة الذي يتركز في عدم انتظام جذرها في السمك. هذه الصفة وثيقة الارتباط بالتغير في حجم الخلية الحارسة وبالتالي في انفتاح أو انغلاق الثغر ويتوقف مدى انفتاح أو انغلاق الثغر على التغيرات في انتفاخ الخلايا الحارسة بصفة أساسية والتغيرات في انتفاخ خلايا البشرة.

وعموما، فإن الزيادة في انتفاخ الخلايا الحارسة بالنسبة لخلايا البشرة يؤدي إلى اتساع فتحة الثغر والعكس صحيح. تأثير التغيرات في انتفاخ الخلايا الحارسة على حجم فتحة الثغر يختلف تبعا لترتيب الخلايا الحارسة وشكلها وتوزيعها.

في ذوات الفلقتين ومعظم ذوات الفلقة الواحدة، يتركب الثغر من خليتين حارستين كلويتى الشكل تميزان بعدم انتظام جذرها في السمك، والجدر الظهري الملاصقة لخلايا البشرة أو الخلايا المساعدة تكون رقيقة، بينما الجدر الأمامية المواجهة لفتحة الثغر تكون سمكية إلا من الجزء الوسطى. والأجزاء الرقيقة من الجدار تتأثر بانتفاخ الخلية. في نوع آخر من الثغور تكون الخلية الحارسة منتظمة في سمك جذرها.

وعندما تمثلى الخلايا الحارسة بالماء يتغير شكلها وتصبح مقوسة، حيث تتمدد الأجزاء الرفيعة من جذرها، فيقل تقوس ما يوجد منها بوسط الجدر الأمامية فينتح الثغر. أما إذا فقدت الخلايا الحارسة جانبا كبيرا من مائها، فإن انتفاخها يقل، وينخفض الضغط على الجدر الرقيقة فيزداد تقوس الأجزاء الرقيقة من الجدر الأمامية فتتقارب معا فيضيق الثغر أو ينغلق. والأجزاء السمكية في الجدار لا يطرأ عليها أى تغير لصلابتها. وحركة الخلايا الحارسة في هذه النباتات تكون في اتجاه مواز لسطح البشرة.

في العائلة النجيلية Poaceae والعائلة السعدية Cyperaceae الخلايا الحارسة ذات شكل خاص متميز، فهي صولجانية الشكل طرفيها متفتحين بينما الجزء الأوسط يكون ضيقا ومستقيما، وجداره سميكاً بدرجة كبيرة، غير منتظم السمك (شكل ٧٣). وتؤدي زيادة انتفاخ الأجزاء الطرفية الرقيقة الجدر في الخلايا الحارسة إلى تباعد الأجزاء السمكية في الجدار عن بعضها فتتسع فتحة الثغر. إذا قل الانتفاخ، يقل حجم الأجزاء الطرفية فتتقارب أجزاء الجدر السمكية وينغلق الثغر. وتحدث حركة الخلايا الحارسة أيضا في اتجاه مواز لسطح البشرة.

ويوجد طراز آخر لحركة الخلايا الحارسة حيث تكون هذه الحركة في اتجاه عمودى على سطح البشرة، ويسمى هذا الطراز Helleborus. وفي أنواع جنس Helleborus وأنواع جنس Tradescantia تكون الجدر الخلفية للخلايا الحارسة سمكية بينما الأمامية تكون رقيقة نسبيا. وتوجد حافة بارزة Ledge على السطح العلوى لكل من الخليتين الحارستين عند فتحة الثغر. عندما يفتح الثغر تشد الحافتان إلى أسفل وعندما تتحركان إلى أعلى

عموديا على سطح البشرة فإن الثغر ينفلق .

وتفتتح الثغور في النهار وتغلق ليلا، ويتأثر انفتاح الثغور وانغلاقها بعوامل أساسية هي الضوء والعلاقات المائية الداخلية في الورقة والحرارة .
والخلايا المساعدة Subsidiary cells تؤدي دورا مساعدا في هذه العملية .

منشأ الثغور

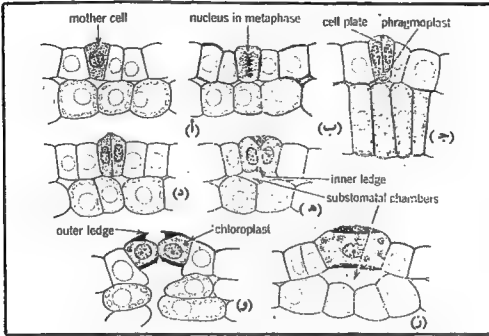
يتركب الثغر أساسيا من خليتين متخصصتين من خلايا البشرة تسمى كل منهما خلية حارسة Guard cell يتوسطهما فتحة تعرف بفتحة الثغر Stomatal pore. في كثير من النباتات، يرتبط بالثغر خلايا أخرى من خلايا البشرة تسهم في النشاط الفسيولوجي للخلايا الحارسة تسمى الخلايا المساعدة Subsidiary cells. والثغور تنشأ مع تكوين البشرة من خلايا منشأ البشرة Protoderm.

في أبسط أنواع الثغور في مغطاء البذور تنشأ الخلية الأم للثغر Stomatal initial أو Stoma mother cell نتيجة لانقسام خلوي غير متماثل يحدث في إحدى خلايا منشأ البشرة Protoderm (شكل ٧٥-٧٧). الخلية الأم للثغر تكون الصغرى وتتميز بكثافة بروتوبلازمها ولون نواتها الداكن، وتنقسم إلى خليتين تتكشف كل منهما إلى خلية حارسة. والمنطقة التي ستصبح فتحة الثغر بين الخليتين الحارستين، تشاهد متنفخة عدسية الشكل من مادة البكتين قبل أن تنفصل الخليتان عن بعضهما.

وهذا المظهر يحتمل أنه نتج عن انتفاخ المادة البينية (الصفيفة الوسطى) قبل ذوبانها، وتكوين فتحة الثغر. في هذه الحالة لا توجد للثغر خلايا مساعدة كما في نبات القبول Vicia faba والبصل Allium cepa (شكل ٧٧). ثم تتكون الغرفة الهوائية للثغر خلال مراحل تكشفه في النسيج المتوسط.

وحينما توجد الخلايا المساعدة، قد تكون مرتبطة بالخلايا الحارسة ارتباطا وثيقا في نشأتها أو لا يكون بينهما أى صلة قرابة. وقد تنشأ الخلية المساعدة من مشتقات انقسام إحدى خلايا منشأ البشرة قبل أن تتكشف عنها الخلية الأم للثغر، وبذلك تكون الأخيرة شقيقة للخلية المساعدة. في حالات أخرى تنشأ الخلية المساعدة مستقلة عن خلايا منشأ البشرة الملاصقة للخلية الأم للثغر. فمثلا في العائلة الباذنجانية Sol-anaceae تمثل الخلايا المساعدة نواتج لانقسامات متتالية لاحدى خلايا منشأ البشرة. الانقسام الأخير في هذه الخلية ينتج عنه الخلية الأم للثغر (شكل ٧٥).

وفي نبات Tradescantia توجد أربعة خلايا منساعبة حول الثغر، كل منها ينشأ مستقلا من انقسام خلية منشأ البشرة Protoderm مجاورة للثغر. وفي العائلة النجيلية



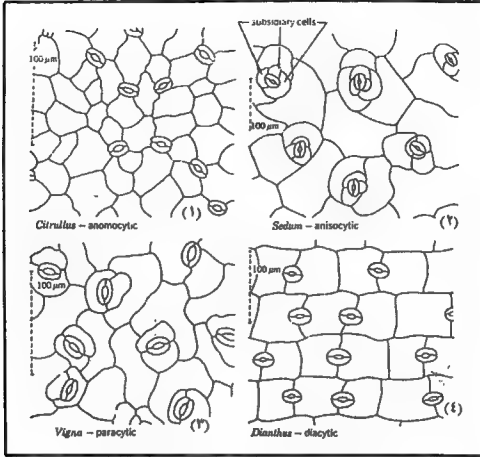
(شكل ٧٥): يوضح مراحل تكشف الثغر في ورقة نبات الدخان كما تظهر في القطاعات

- (أ، ب، ج) الخلية الأم للثغر ويده انقساماتها.
- (د) خليتان حارستان جنرهما رقيقة ناتجتان عن انقسام الخلية الأم.
- (هـ) الخليتان الحارستان أخفلتا في تغلف جذورها.
- (و) خليتان حارستان لكل منها حافة داخلية وأخرى خارجية والجذر غير منتظمة السمك.
- (ز) خلية حارسة كما تبدو في قطاع موازى لمحورها الطويل وعمودى على سطح الورقة.

Poaceae توجد خليتان مساعدتان، واحدة منها على أحد جانبي الخلية الحارسة، وتنشأ الخلية المساعدة عن خلية من خلايا منشىء البشرة المتاخمة لكل من جانبي الخلية الأم للثغر.

. وتكون الخلية الأم للثغر، في أول الأمر، في مستوى سطح خلايا البشرة المجاورة لها، إذا كان الثغر في مستوى مرتفع عن سطح البشرة أو منخفض عنها، فإن انتظام وضع الثغر تبعاً لبقية خلايا البشرة يتم خلال مراحل نضجه من خلال إعادة ترتيب خلايا البشرة فيما بينها، وبينها وبين النسيج المتوسط للورقة.

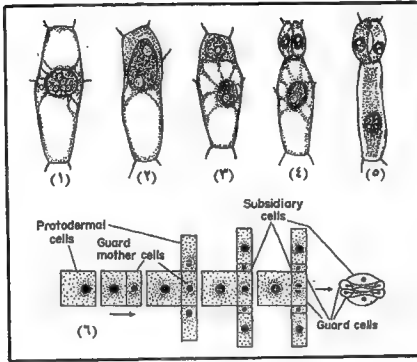
ولانتشأ ثغور الورقة كلها في وقت واحد، وإنما يستمر تكوينها على التوالى خلال فترة ملحوظة من نمو الورقة. ويوجد طرازان رئيسيان يوضحان نظام نشأة الثغور في الأوراق. في الأوراق ذات التعريق المتوازى وتوجد الثغور مرتبة في صفوف طولية، يبدأ



(شكل ٧٦): يوضح طرزا مختلفة من الثغور كما ترى في المنظر السطحي لاحظ الخلايا المساعدة في كل طراز.

- ١ - ثغر عديم الخلايا المساعدة.
- ٢ - ثغر غير متماثل الخلايا المساعدة.
- ٣ - ثغر متوازي الخلايا المساعدة.
- ٤ - ثغر متعاود الخلايا المساعدة.

تكوين الثغور على التوالي في الأجزاء الناضجة عند أطراف الأوراق في ترتيب تنازلي. هذا الطراز يتميز به معظم النباتات ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين. وفي الأوراق ذات التعريق الشبكي كما في معظم ذوات الفلقتين وبعض ذوات الفلقة الواحدة تشاهد الثغور مختلطة في مراحل نمو مختلفة، والثغور الناضجة مختلطة مع الأخذة في التكشف.



(شكل ٧٧): يوضح تكشف الثفر في نبات البصل

- ١ و ٢ خلايا مستطيلة من البشيرة قبل الانقسام الخلوي الغير متساوي.
 - (٣) الخلية الصفري الناشئة عن هذا الانقسام غنية بالبروتوبلازم وهي الخلية الأم لتكوين الخليتين الحارستين.
 - (٤ و ٥) الخليتان الحارستان تكشفتا عن الخلية الأم للثفر.
 - (٦) رسم تخطيطي يوضح خطوات تكوين الثفر في ورقة نبات الشعير.
- لاحظ الأسهم التي تشير الى مراحل الانقسامات الخلوية التي تنتهي بتكوين الثفر.

تصنيف الثغور

تصنف الثغور من الناحية المورفولوجية، تبعاً لوجود الخلايا المساعدة أو غيابها، وعددها ووضعها بالنسبة للخلايا الحارسة (شكل ٧٦)، الى عدد من الأنواع منها:

- ١ - الخلايا المساعدة غير موجودة Anomocytic (كان يعرف باسم Ranunculaceous Type) في هذا النوع لا توجد خلايا مساعدة. وهذا النوع شائع في كثير من ذوات الفلقتين لاسيما بعض أجناس العائلة البقولية Leguminosae وفي جنس البصل Allium (شكل ٧٧).

- ٢ - متوازي الخلايا المساعدة Paracytic حيث توجد خليتان مساعدتان في هذا النوع متباعدتان في الشكل، محورهما الطويل مواز لامتداد فتحة الثفر. ويوجد هذا

- النوع في عدد من العائلات مثل الوردية Rosaceae والنجيلية Poaceae. وكان هذا النوع يعرف باسم Rubiaceous Type نسبة الى العائلة Rubiaceae.
- ٣ - متقاطع الخلايا المساعدة Diacytic : في هذا النوع توجد خليتان مساعدتان حول الثغر. والجدر المشتركة لهما تكون عمودية على المحور الطويل للخلية الحارسة. يوجد هذا النوع في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae وكان يعرف باسم Caryophyllaceous type نسبة الى العائلة القرنفلية.
- ٤ - غير متشابه الخلايا المساعدة Anisocytic : حيث توجد حلقة أو أكثر من ثلاث خلايا مساعدة تحيط بالثغر احداها صغيرة يوجد هذا النوع في العائلة الصليبية Brassicaceae والفلقلية Piperaceae وكان يعرف باسم Cruciferous type نسبة الى العائلة الصليبية.
- ٥ - رباعي الخلايا المساعدة Tetracytic : حيث يحاط الثغر بأربع خلايا مساعدة، اثنتان منها في وضع جانبي كل واحدة منها على جانب احدى الخليتين الحارستين، والأخريتين تكونان قطبيتان، ويوجد هذا النوع في العائلة المركبة Asteraceae.
- ٦ - توجد ثغور تحاط بحلقة من خلايا مرتبة شعاعيا يطلق عليها Actinocytic أى شعاعية الخلايا المساعدة. هذا فضلا عن نوع الثغور في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae والتي يطلق عليها طراز النجيليات Poaceous type وكثيرا ما يوجد أكثر من نوع من الثغور في أوراق العائلة الواحدة، ومع هذا يوجد نوع يسود على غيره يتميز به العائلة. وأحيانا، يختلف نوع الثغور على سطحي نفس الورقة:

TRICHOMES

زوائد البشرة

هي نموات تنشأ من البشرة، شائعة الوجود في الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور. في قليل من العائلات، مثل عائلة عدس الماء Lemnaceae تكون زوائد البشرة غير موجودة. هذه الزوائد متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة، وقد تكون وحيدة أو عديدة الخلايا، غدية أو غير غدية. وقد توجد على جميع أجزاء المجموع الخضرى للنبات. وقد تبقى هذه الزوائد طوال حياة النبات، أو يكون بقاؤها مؤقتا، وقد يظل بعضها حيا والبعض الآخر يموت ويبقى جافا أو يسقط.

ومعظم زوائد البشرة تمثلها شعور متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة. وجدر هذه الزوائد غالبا سليولوزية رفيعة تكسوها أدمة. وفي بعض الأحيان تكون الجدر ملجننة أو مشربة بالسليكا.

يوجد نوع من زوائد البشرة يسمى التواءات Emergenies مثل أشواك سيقان شجيرات الورد Rosa. هذه الأشواك خالية من الأنسجة الوعائية، وتتألف من خلايا البشرة وتحت البشرة.

وأحيانا تستخدم زوائد البشرة كصفة يعتمد عليها في النواحي التصنيفية، فقد يوجد تماثل ملحوظ في زوائد مجموعة نباتية معينة.

ويمكن تصنيف زوائد البشرة تبعا لصفاتها المورفولوجية الى عدة طرز منها الشعور والحراشيف والكلترات والحوصلات المائية.

HAIRS

(١) الشعور

تصنف الشعور تبعا لتركيبها الى وحيدة الخلية وعديدة الخلايا، وغدية أو غير غدية، متفرعة أو غير متفرعة. وقد تكون الشعور حية أو ميتة؛ الحية يكون السيتوبلازم فيها رقيقا، وقد يكون غزيرا اذا كانت الشعرة مفرزة لمواد معينة. ويتنوع جدار الشعور في تركيبه الكيماوي وفي سمك الجدر. وقد يتركب جدار الشعرة من السليلوز مثل شعور القطن *Gossypium spp.* وشعور الكابوك *Kapok* وقد تكون مشربة بالسليكا أو كربونات الكالسيوم. شعور ثمار الخوخ *Prunus persica* وأزهار الصفصاف *Salix* وبراعم العنب *Vitis* ذات جدر سمكية. وكثيرا تكون الشعرة ملجننة *Lignified* أو مكوتنة *Cutinized*. وقد تحتوي الشعور على حوصلات حجرية *Cystolith* كما في القنب *Cannabis* وحشيشة الدينار *Humulus* والرامي *Boehmeria nivea*.

وتقوم الشعور في النبات بوظائف مختلفة، فمنها ما تفرز زيوتا عطرية أو مواد هاضمة أو أملاح أو امتصاص الماء، ومع هذا فإن أهم وظائفها تتركز في الحماية من الجفاف وتقليل النتج لاسميا في نباتات البيئة الجفافية. وبعض الشعور ذات أهمية اقتصادية كبيرة مثل شعور القطن. وتنقسم الشعور على أساس تركيبها الى شعور وحيدة الخلية وأخرى عديدة الخلايا.

Unicellular Hairs

أ - الشعور وحيدة الخلايا

تكون هذه الشعور غدية أو غير غدية، متفرعة أو غير متفرعة، ويمثل كل منها امتدادا أنبوبيا لاحدى خلايا البشرة. وقد تكون قصيرة أو طويلة، وأحيانا تكون متفرعة. من أهم أمثلتها:

١ - شعور ليفية *Fibrous Hairs*: أهم أمثلتها شعر القطن الذي يوجد على غلاف بذرة القطن. وتنشأ الشعرة عن نمو خلية واحدة من خلايا بشرة غلاف البويضة

الخارجي (شكل ١٧). والشعرة الناضجة عبارة عن تركيب أنبوي رفيع ملتوى، قد يصل طولها الى حوالي ٢ بوصة ويختلف طولها تبعا للصنف.

وتحتوى شعرة القطن بداخلها على فجوة وسطية على هيئة قناة ضيقة تمتد بطول الشعرة. تظهر الشعرة الناضجة ككلوية الشكل في القطاع العرضي.

وشعر الكابوك Kapok الذي يعرف باسم الحرير النباتي، يحصل عليه من ثمار شجرة الحرير النباتي Ceiba pentandra. ويبلغ طول الشعرة حوالي بوصة، وجذرها من السليلوز ونخال من الالتواءات وذات فجوة وسطية.

وتنشأ الشعرة عن نمو خلية واحدة من البشرة الداخلية لجدار المبيض.

٢ - **الشعور اللاذعة Stinging hairs**: تعتبر شعور نبات الحريق Urtica مثالا للشعور وحيدة الخلية الغدية، وتتميز بافراز مواد سامة لاذعة. تتركب شعرة نبات الحريق من قاعدة متنفخة مطمورة جزئيا في تنوء من البشرة عديدة الخلايا، وطرف مستديرة ينتهي بأنبوبة شعرية ذات قمة مسديرة صغيرة جانبية الوضع. جدر الشعرة سمكية مشربة بالسليكا في جزئها العلوى، جزؤها القاعدى يكون مشربا بكرينونات الكالسيوم (شكل ٧٨). وعندما تحك قمة الشعرة بجلد حيوان ما، تنفصل الرأس تاركة طرف الشعرة المدب مفتوحا. ونتيجة للضغط ينغرس طرف الشعرة في جلد الحيوان فتسرى فيه الافرازات التي تسبب تهيجا وألما في الجلد.

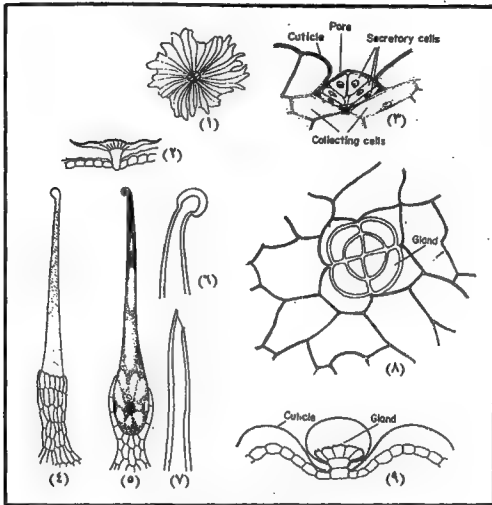
٣ - **الشعيرات الجذرية Root hairs**: تمثل الشعرة امتدادا أنبوبية خلية واحدة من خلايا بشرة الجذر. وجدار الشعرة من السليلوز تغلفه من الخارج طبقة من بكتات الكالسيوم. وتحتوى الشعيرة على فجوة عصارية كبيرة تحيط بها طبقة رقيقة من السيتوبلازم. وتوجد النواة عند طرف الشعيرة مخمورة في السيتوبلازم. وتقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والعناصر الذائبة من التربة. والشعيرات الجذرية غالبا قصيرة العمر لاتتجاوز فترة حياتها بضعة أيام.

Multicellular hairs

ب - **الشعور عديدة الخلايا**

وهي شعور تتركب الواحدة منها من خليتين أو أكثر، وهى متفرعة أو غير متفرعة، قد تكون غدية Glandular أو غير غدية Nonglandular. وتتركب الشعرة من قدم منحس في البشرة وجسم يعلو السطح الذي تنمو عليه. والخلايا المحيطة بالقدم، تتميز أحيانا عما يجاورها من خلايا البشرة من الناحية المورفولوجية وتعرف بالخلايا المساعدة Subsidiary cells.

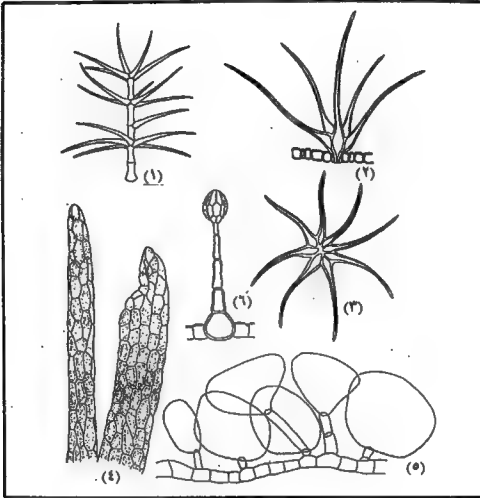
والجسم يتركب من عنق ورأس تمثل المنطقة المفرزة في الشعرة. وقد تتركب الرأس من خلية واحدة في ساق البلارجونيوم Pelargonium أو من بضع خلايا تكون مغطاة بأدمة



(شكل ٧٨): زوائد وغدد البشرة

- (١ و ٢) شعور درعية. منظر سطحي (١) وجانبي، (٢) جزء من قطاع عرضي في ورقة نبات المبل يبين غدة عديدة الخلايا مفرزة للأملاح.
 (٤ - ٧) شعرة لاذعة في نبات الحريق.
 (٦) طرف الشعرة، (٧) شعرة بعد تكسر جزءها الطرفي.
 (٨) غدة عديدة الخلايا، (٩) غدة افرازية عديدة الخلايا.

كما في اللافندر *Lavendula* وأوراق الدخان *Nicotiana tabacum*. وتفرز الرأس مواداً متنوعة مثل الزيوت والصمغ والراتنجات. وقد تفرز عصارات هاضمة كما في أوراق النباتات آكلة الحشرات *Insectivorous plants* مثل ورد الشمس *Drosera* (شكل ٣٩). وقد تفرز أملاحاً كما في نبات *Limonium latifolium* (شكل ٨٠) أو مواد مخاطية كما في نبات *Rumex maximus* أو رحيقاً كما في نبات *Abutilon* وقد تعمل الشعرة كشغرائي كما



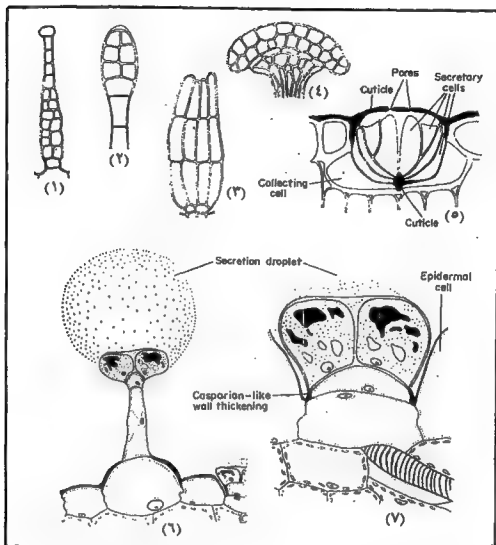
(شكل ٧٩): طرز أخرى مختلفة من زوائد البشرة

- (١) شعرة مركبة (المبولين).
- (٢) شعرة نجمية عديدة الخلايا يوضع منشأها من إحدى خلايا البشرة.
- (٣) منظر سطحي للشعرة النجمية.
- (٤) شعور شاجية، (٥) شعرة حويصلية، (٦) شعور كللترات.

في نبات الحمص *Cicer areitinum* (شكل ٨٠).

ومن أمثلة الشعور عديدة الخلايا ما يأتي:

- ١ — الشعور النجمية *Stellate hairs*: وهي شعور عديدة الخلايا متفرعة، وتتركب الشعرة من عنق قصير تحمل قمته أفرع وحيدة الخلية تقع في مستوى واحد (شكل ٧٩). وقد يتركب الفرع من خليتين. وتوجد هذه الشعور في كثير من نباتات العائلة الخبازية *Malvaceae* وفي جنس البديليا *Buddleja*.



(شكل ٨٠): شعور الفرازية (١ - ٤) يوضح تغلظات جدارية في الخلايا القاعدية

(١) شعرة مفردة للرحيق

(٢) شعرة تعمل كثفر مائي

(٣) شعرة مفردة للمخاط

(٤) غدة ذات عنق

(٥) غدة مفردة للأملح

(٦) شعرة غدية معنقة

(٧) شعرة غدية غير معنقة

لاحظ المواد المفرزة وخلايا الإفراز.

٢ — شعور متفرعة شجرية المظهر Dendroid hairs : وهي شعور عديدة الخلايا، قائمة، كل منها ذات محور قائم عديد الخلايا تخرج منه عدة أفرع محيطية وحيدة الخلية أو ذات خليتين. هذه الشعور تشبه في تفرعها ساق خضرية تخرج من عقدها أفرع ثانوية

محيطية. ومن أمثلتها ذلك الذي يوجد على السطح السفلي لأوراق جنس الشنار *Platanus* وأذان الدب *Verbascum* (شكل ٧٩).

وتوجد شعور قائمة غير متفرعة تتركب الشعرة من صف واحد عديد الخلايا، ومدمية الطرف كما في جنس القرع *Cucurbita* أو تنتهي برأس غدية وحيدة أو عديدة الخلايا كما في ورقة النبات التبغ *Nicotiana*.

(٢) الحراشيف SCALES

تعرف أيضا باسم الشعور الدرعية *Peltate hairs* وهي عديدة الخلايا غدية أو غير غدية، تتركب الحراشفة من صفيحة قرصية الشكل من طبقة واحدة من الخلايا، تحمل على محور قصير. وقد تكون الصفيحة القرصية غدية كما في حشيشة الدينار *Humulus* أو غير غدية كما في الزيتون *Olea*.

(٣) الكلترات COLLETTERS

زوائد غدية مفرزة للمادة اللاصقة، عديدة الخلايا، توجد على سطوح كثير من حراشيف البراعم والأذينات، وأوراق بعض الأجناس مثل عين الغزال *Asculus* وكاريا *Carya* وأذونات أوراق البانسيه *Viola tricolor* (شكل ٧٩).

وتتركب من عنق قصير عديد الخلايا ورأس عديدة الخلايا تقوم بإفراز مواد لاصقة توجد على الأوراق الحراشفية للبراعم الشتوية. وتحف الكلترات وتسقط حينما يتفتح البرعم وتكبر الأوراق.

(٤) الحويصلات المائية WATER VESICLES

زوائد مستديرة الشكل تقريبا تشاهد على سطح البشرة في بعض النباتات، وتنشأ نتيجة لانساع إحدى خلايا البشرة (شكل ٧٩).

وتحتفظ الحويصلة المائية بالبروتوبلاست حيا. وتقوم هذه الحويصلات باحتزان الماء، وقد تكون كثيرة وكبيرة فتظهر الأوراق والسيقان الحديثة في الصباح كأنها مكسوة بكرات صغيرة من الشلج.

البريدرم PERIDERM

البريدرم نسيج واق، ثانوى المنشأ، يقوم بحماية أنسجة النبات الداخلية من الجفاف، وبعد تمزق البشرة *Epidermis* وأحيانا القشرة *Cortex* نتيجة للنمو الثانوى في جذور وسيقان معظم النباتات ذات الفلقتين وقليل من ذوات الفلقة الواحدة مثل جنس بندانوس *Pendanus* ومانتوريوم *Anthurium* ومونسترا *Monstera* وجذور وريزومات أنواع جنس *Strelitzia* والدراسينا *Dracaena*.

ويتكون البريديم عادة تحت ندب الأوراق leaf scars والأفرع، وتحت الأنسجة المجروحة، في الجذور والسيقان، وحتى الثمار كما في نبات السابوتا *Achras zepota*. ويتكون البريديم أيضا تحت البشرة في الحراشيف الخارجية للبراعم الشتوية في بعض الأشجار مثل البلوط *Quercus* وأبو فروة الحصان *Aesculus*. ونادرا يتكون البريديم في أعناق الأوراق كما في أنواع من جنس الفيكس *Ficus*.

منشأ البريديم

ينشأ البريديم عادة في السنة الأولى من نمو السيقان الخشبية والجذور. وقد يتأخر منشأ البريديم لبضع سنوات في سيقان بعض النباتات مثل الأسفندان *Acer campestre* والكافور *Eucalyptus* والموالح *Citrus* والسنط *Acacia*. ويرجع تأخر تكوين البريديم في هذه النباتات الى أن خلايا كل من البشرة والقشرة تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام، وتنقسم قطريا، كما تنقسم الخلايا الناتجة جانبيا، وبذلك يزداد اتساع محيط كل منها فتتمكن من مواجهة الزيادة في قطر الساق.

في عدد قليل من النباتات مثل الدفلة *Nerium oleander* والتفاح *Malus sylvestris* والبلوط *Quercus suber* وبعض أنواع الصفصاف *Salix* ينشأ البريديم في خلايا البشرة. وفي حالات أخرى، ينشأ أول بريديم في خلايا البشرة وتحت البشرة، كما في سيقان نبات الليمون *Citrus limon*.

وخلايا القشرة التي تلى البشرة مباشرة هي الموضع العادي لمنشأ البريديم الأول في السيقان. فمثلا في معظم سيقان ذوات الفلقتين مثل الحور *Populus* والجوز *Juglans* والمانوليا *Magnolia* والزيوفون *Tilia* ينشأ أول بريديم في الطبقة التي تلى البشرة مباشرة. وقد ينشأ بريديم في الطبقة الثانية أو الثالثة من القشرة كما في شجرة الجراد *Robinia* وجلديتشيا *Gleditschia* من العائلة البقولية *leguminosae* وقد ينشأ في بارنكيا اللحماء *Phloem parenchyma* في العنب *Vitis* والشاي *Camellia* وأنواع أخرى من العائلة القرنفلية *Caryophyllaceae*. وفي الدرناات ينشأ البريديم، في الطبقات السطحية من جسم الدرنة كما في نبات البطاطس *Solanum tuberosum*.

ومع هذا، ففي بعض الحالات، مثلا، قد ينشأ البريديم الأول في خلايا القشرة الملاصقة للطبقة المحيطة كما في جنور *Citrus sinensis* أو مكان الاندودرمس *Endoder-mis* كما في جلور *Delphinium*.

ويتنوع منشأ البريديم في العائلة البقولية، فنادرا ينشأ في البشرة، وكثيرا ينشأ في طبقة القشرة الأولى التي تلى البشرة، أو من طبقة عميقة في القشرة، وقد ينشأ في البريسكيل *Pericycle*.

وفي جذور فوات الفلقتين العشبية المعمرة، قد ينشأ البريدرم بين الخشب المتكون سنويا بالإضافة الى البريدرم التي تتكون في الطبقة المحيطة. هذا النوع من البريدرمات يقلل من الجفاف والاصابة بالأمراض وبذلك تمنح النبات الفرصة ليعيش ويبقى.

وقد يبقى البريدرم الأول طوال حياة النبات كما في الزان *Fagus sylvatica* وشجرة التامول *Betula*. وفي معظم النباتات الخشبية، تكون فترة نشاط الكامبيوم الفليني الذي ينشأ أولا في الساق قصيرة يتوقف بعدها نشاطها متحولا الى فلين. وباستمرار زيادة الساق في السمك تتكون طبقات بريدرم أخرى متعاقبة في مناطق أعمق فأعمق في قشرة الساق حتى تتكون أحيانا في بارنكيا اللحاء الثانوى.

تركيب البريدرم

يتربك البريدرم عادة من ثلاث طبقات (شكل ٨١). الطبقة الوسطى هي الطبقة المنشئة الخلوية، وخلاياها مرستيمية تسمى الكامبيوم الفليني، والطبقة الخارجية، تنشأ عن المشتقات الخلوية لبدايات الكامبيوم الفليني تعرف بالفلين. أما الطبقة المتكونة الى الداخل تعرف بالقشرة الثانوية.

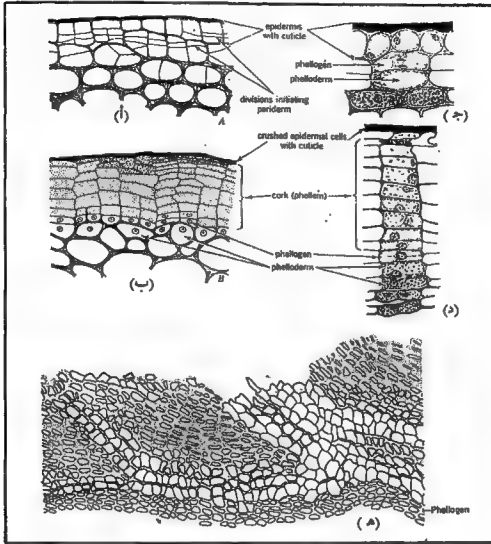
الكامبيوم الفليني

Phellogen or Cork Cambium

وهو مرستيم جانبي ثانوى ينشأ من خلايا بارنكيمية حية بالغة تستأنف صفاتها المرستيمية مكونة طبقة منشئة من صف من الخلايا. ينشأ الكامبيوم الفليني في نسيج البشرة أو القشرة أو أى نسيج بارنكيمي آخر حيث تتوفر الخلايا الحية لتنشأ طبقة جديدة من خلايا منشئة مثل اللحاء.

ويتميز الكامبيوم الفليني ببساطة تركيبه، فهو عبارة عن صف من نوع واحد من بدايات رقيقة الجدر ذات فجوات مختلفة الاتساع، وقد تحتوى على نشأ أو دباغ أو بلاستيدات خضراء. وفي القطاعات العرضية، تشاهد خلايا الكامبيوم الفليني مستطيلة الشكل متبسة، بينما في القطاعات المماسية تظهر الخلايا متعددة الأضلاع أو غير منتظمة الشكل. ومهما كان موضع الكامبيوم الفليني في جسم النبات، فانه يتألف من طبقة من صف واحد من البدايات الخلوية كما في عصفور الجنة *Praxinus* ونادرا يتألف من منطقة من بضعة صفوف كما في شجرة الساء *Alianthus altissima*. وعموما، يختلف اتساع طبقة الكامبيوم الفليني قطريا وعطليا باختلاف نوع النبات وعمره.

وبعد تكوين طبقة الكامبيوم الفليني، تحدث انقسامات مماسية متوالية في الخلايا وكذلك انقسامات قطرية بدرجة أقل. ولا يعطى هذا الكامبيوم أنسجة وعائية معقدة كما هو الحال في الكامبيوم الوعائى، فالانقسامات المماسية في بداياته تؤدى الى تكوين خلايا



(شكل ٨١): قطاعات عرضية توضح أصل البريديم وتكوينه.

(أوب) جزء في البشرة وآخر تحت البشرة في ساق نبات الكمثرى

(ج و د) جزء تحت البشرة في نبات البرقوق.

(هـ) جزء من قطاع عرضي في ساق نبات النشمة يوضح خلايا الفلين الرفيعة والسميكة الجدر،

يجاورها من الداخل خلايا الكامبيوم الفليني.

فلين الى الخارج وخلايا قشرة ثانوية بارزكيمي الى الداخل.

والانقسامات القطرية تؤدي الى زيادة عدد خلاياها جانبيًا وبالتالي زيادة طول محيطه

فيتمكن من مسايرة الزيادة في محيط الساق التي تحدث نتيجة للنمو الثانوي.

والخلايا الناتجة عن الانقسامات المماسية في خلايا الكامبيوم الوعائي تكون مرتبة في

صفوف قطرية. ولا يتم تكوين الكامبيوم الفليني وبداية نشاطه الا بعد ابتداء نشاط الكامبيوم الوعائي .

القشرة الثانوية

Phelloderm

خلايا القشرة الثانوية حية، تشبه في شكلها العام وتركيبها الخلايا البارنكيمية للقشرة العادية غير أنها تترتب في صفوف قطرية، وقد تظهر بها بعض المسافات البينية. جدر الخلايا رقيقة وأحيانا تزداد في السمك. قد تحتوي الخلايا على بلاستيدات خضراء نشطة في البناء الضوئي، كما في أنواع جنس الحور Populus وقد توجد بها اسكريدات. وتتألف القشرة الثانوية من صف واحد من الخلايا، وقد يصل سمكها الى ثلاثة صفوف وأحيانا أكثر. في بعض النباتات لا تتكون خلايا قشرة ثانوية ويحصر نشاط الكامبيوم الفليني في تكوين نسيج الفلين فقط.

الفلين

Phellem or Cork

وهو النسيج الواقى الخارجى الذي يتكون عن نشاط المشتقات الخلوية لبدايات الكامبيوم الفليني، وهو نسيج متصل يتألف من صفوف قطرية من الخلايا، كل صف منها هو نتاج بداية من خلايا الكامبيوم الفليني. ويتميز نسيج الفلين بان خلاياها محكمة الترتيب فلا توجد بينها مسافات بينية. وخلايا الفلين الناضجة ميتة، متشابهة في الشكل، متعددة الأضلاع في القطاعات المماسية، جدرها القطرية أقل طول من المماسية، ولهذا فهي قصيرة في الاتجاه القطرى. وتتفاوت جدر خلايا الفلين في السمك، فقد تكون رفيعة أو سميكة وتبدو خالية من النقر. وتتميز جدر خلايا الفلين بانها مسورة وأحيانا تكون ملجننة. تترسب طبقة السوبرين Suberin على الجدار الابتدائي وتنشأ عليها طبقة من السليلوز تجاه تجويف الخلية، وقد تصبح هذه الأخيرة ملجننة.

جدر خلايا الفلين تحتوى أحيانا على بلورات منشورية من اكسالات الكالسيوم. وجود السوبرين في جدر خلايا الفلين يجعلها غير منفذة للماء والغازات. أحيانا، تكون جدر خلايا الفلين ملونة بنية أو صفراء وأحيانا أخرى غير ملونة. قد تحتوى تجاويف الخلايا على دباغ Tannins أو مواد راتنجية Resins وأحيانا تملأ بالهواء.

في كثير من النباتات، يحتوى نسيج الفلين على خلايا ميتة، متطاولة في الاتجاه القطرى تسمى خلايا شبيهة الفلين phelloid. جدر هذه الخلايا غير مسورة، ملجننة عادة ورفيعة، ولا توجد بين الخلايا مسافات بينية. ونادرا توجد اسكريدات أو خلايا تحتوى على بلورات في نسيج الفلين.

ويختلف عدد صفوف خلايا الفلين التي تتكون خلال عام واحد بين خليتين وخمس

خلايا، وقد تزيد عن ذلك تبعا لنوع النبات. وهذا العدد أقل مما يتكون من خلايا القشرة الثانوية. وبصفة عامة، يتكون من خلايا الفلين أضعاف ما ينشأ من خلايا القشرة الثانوية.

وظيفة البريذر

يقوم البريذر بحماية الأنسجة الداخلية من الجفاف بواسطة خلايا الفلين، بالإضافة إلى أن هذه الخلايا ذات الجدر المسورة والاتصال المحكم بينها وعدم وجود مسافات بينها تجعل من الفلين نسيجا مدعما لعضو النبات. كما تقوم خلايا الفلين الممتلئة بالهواء بحفظ درجة حرارة الكامبيوم الفليني والجسم ثابتة، ويمنع الفلين دخول الكائنات الدقيقة المختلفة إلى الأنسجة الحية الداخلية، ويقيها من الأضرار الميكانيكية. والبريذر الذي يتكون على السطح الخارجية لحراشيف البراعم تحمي هذه الحراشيف والأنسجة الرقيقة للبرعم التي تغلفها الحراشيف.

وبالإضافة إلى ما تقدم، فإن البريذر تحمي الجروح من الإصابة بالكائنات الدقيقة وتساعد في التئامها. وتقوم طبقة البريذر بوظيفة البشرة المكونة في الدرنات مثل البطاطس وبعض الثمار مثل الكمثرى والتفاح وثمار شجرة السابوتا *Achras zapota* حيث تكون طبقة فلينية تكسب الثمرة ملمسا خشنا.

RHYTIDOME

الرايتيدوم

في معظم النباتات الخشبية، لا يعيش الكامبيوم الأول طويلا، حيث يتوقف نشاطه بعد فترة قصيرة ويتحول إلى طبقة من الفلين. ويستمرار النمو الثانوي تتكون طبقات بريذر جديدة، الواحدة بعد الأخرى، في مناطق أعمق فأعمق في قشرة الساق حتى اللحاء الابتدائي وقد يصبح تكون البريذر في بارنكيا اللحاء الثانوي.

ويتكون كل طبقة من طبقات البريذر المتتالية، ينقطع الماء والغذاء عن الأنسجة الخارجية وتموت خلاياها وذلك تتكون منطقة خارجية من أنسجة ميتة، خارج أحدث طبقة من الكامبيوم الفليني، تضم القشرة الميتة والفلين واللحاء الابتدائي الميت، وقد تشمل جزء من اللحاء الثانوي. هذه الأنسجة الميتة تسمى مجتمعة الرايتيدوم *Rhytidome* التي كثيرا ما يطلق عليها اسم القلف الخارجي *Outer bark* وهي متميزة بصفة خاصة في السيقان والجذور المسنة للأشجار.

Polyderm

البوليذر

وهو نسيج حماية من نوع خاص يوجد في الجذور والسيقان الأرضية لنباتات بعض العائلات النباتية مثل الوردية *Rosaceae* والاسية *Myrtaceae* وهو عبارة عن بريذر

متخصص في تخزين الغذاء. يتألف هذا النسيج من طبقات خلوية متبادلة مع بعضها، والخارجية خلايا مسورة.

وطبقات الخلايا المسورة سمكها خلية واحدة بينما غير المسورة يبلغ سمكها عدة خلايا. قد يصبح سمك البوليدرم حوالى ٢٠ طبقة أو أكثر. خلايا الطبقات الخارجية تكون ميتة، أما الأخرى فتكون خلاياها حية تقوم بتخزين الغذاء. ونظرا لتعدد الطبقات التي يتكون منها البوليدرم فانه يمكن أن يطلق عليها مصطلح القشرة المتضاعفة.

QUERCUS SUBER

نبات بلوط الفلين

يتبع معظم الفلين المستخدم عالميا من أشجار نبات بلوط الفلين. والفلين التجارى خفيف الوزن، مرن، يقاوم الضغط وهو عازل ممتاز للحرارة ولا ينفذ السوائل، ويقاوم الأحماض والمذيبات العضوية.

ويحصل على الفلين من جذع أشجار بلوط الفلين ومن أفرعها السمكية حينما يبلغ عمر الشجرة حوالى ٢٠ عاما.

وينشأ الكامبيوم الفليني الأول في شجر بلوط الفلين في خلايا البشرة، ويتبع عنه عدة صفوف من الفلين وصفوف قليلة من القشرة الثانوية. نشاط الكامبيوم الفليني يكون موسميا، وخلايا الفلين التي تتكون في الربيع والصيف تكون متطاولة قطريا وجدرها رقيقة، والخلايا التي تتكون في الخريف تكون قصيرة قطريا وجدرها سمكية.

وحينما يبلغ عمر الشجرة حوالى ١٢-١٥ سنة، تنزع طبقة البريدرم الأولى ميكانيكيا بشق الفلين رأسيا وفصلها عن القشرة الثانوية، والتي تمثل الجزء الداخلى من البريدرم. نتيجة لذلك، تتكون طبقة كامبيوم فليني على بعد ١-٢ ملليمتر تحت السطح المنزوع داخل القشرة. هذا الكامبيوم الفليني الجديد يكون أكثر نشاطا من الكامبيوم الفليني الخاص بالطبقة الأولى المنزوعة، وينتج كميات أكبر من الفلين. هذا الفلين أفضل في التجارة من الفلين الأول الذي يكاد يكون عديم الفائدة تجاريا.

وبعد انقضاء تسعة أو عشرة أعوام، تكون طبقة الفلين قد نضجت وأصبحت ذات قيمة تجارية يبلغ سمكها حوالى ثلاث سنتيمترات، فيجرى إزالتها. يستمر إزالة طبقات الفلين من نفس الشجرة كل حوالى عشر سنوات.

وباستمرار إزالة الفلين المتكون، يتكون الكامبيوم الفليني بين فترة وأخرى، والواحدة تلو الأخرى في مناطق على أعماق متزايدة في الساق حتى يصل في النهاية الى اللحاء الخارجى. والعديسات، حينما ينضج الفلين، تظهر في القطاعات العرضية في

صورة كتل دقيقة اسطوانية الشكل غير منتظمة ذات لون بني، ترتب عموديا على اتجاه طبقات الفلين المتكونة سنويا.

الطبقات الواقية في ذوات الفلقة الواحدة

PROTECTIVE LAYERS IN MONOCOTYLEDONS

يتكون نادرا في النباتات ذوات الفلقة الواحدة بزيديم يشبه نظيره الذي يتكون في ذوات الفلقتين. ففي النباتات العشبية ذات الفلقة الواحدة فإن البشرة بها يكسوها من أدمة، بالاضافة الى جدرها المكونة، تبقى الطبقة الواقية الوحيدة. حينما تتميز البشرة، تصبح طبقة الخلايا البارنكيمي التي تقع تحتها نسيجاً للوقاية حيث ترسب صفيحة من السويرين على جدرها السليولوزية. هذا التحول يكون شائعا في جدر الخلايا في النباتات التابعة للعائلة النجيلية Poaceae والسبارية Juncaceae وعائلة نبات البردي Typhaceae.

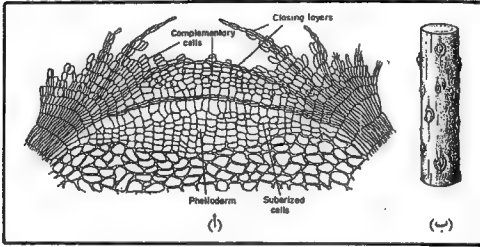
في ذوات الفلقة الواحدة، التي يحدث فيها نمو ثانوى ملحوظ مثل الدراسيات Dracaena واليوكا Yucca ينشأ نسيج وقاية من نوع خاص يتكون عن الانقسامات المتتالية للخلايا البارنكيمي في القشرة الابتدائية وتسوير جدرها السليولوزية، ثم تكشفها الى خلايا فلين. هذه الخلايا تكون في خط متقطع غير منتظم وتحدث فيها انقسامات محاسية Periclinal فيتكون عن كل خلية عدد محدود من الخلايا يتراوح بين ٨-٤ خلية مرتبة في صف قطري واحد. وتختلف هذه الخلايا في الشكل والحجم، ويدل ترتيبها على منشأها من خلية واحدة. يتضح من ذلك أن الفلين قد تكون بدون تكوين طبقة منشئة أى الكامبيوم الفلينى. ويطلق على هذه الطبقة الواقية اسم الفلين المصفوف Storied cork نظرا لأن صفوف الخلايا تنشأ عنها أشرطة محاسية من الفلين تشاهد مرتبة في طبقات في القطاعات العرضية، كما أنها غير منتظمة الحدود أو الاتساع وتحتصر فيها بينها مناطق من خلايا بارنكيمي غير منقسمة جدرها غير مسورة.

وتتكون طبقات أخرى من الفلين المصفوف في مناطق تتدرج في العمق لنسيج القشرة غير أن حوافها لا تتلاقى معا، وتتداخل معها خلايا بارنكيمي ذات جدر غير مسورة.

LENTICELS

العديسات

الغالبية العظمى من الأنواع التي تتكون فيها البريديم يتكون فيها أيضا العديسات. وتكوين العديسات يسبق أو يحدث في نفس الوقت مع نشأة البريديم. والعديسات مناطق محددة متكشفة في البريديم (شكل ٨٢)، تتميز بخلايا المفككة،



(شكل ٨٢): أ - عديسة ناضجة في نبات الكريز البرى. لاحظ النسيج المائل والطبقات الغالفة في العديسة، والقشرة الثانوية.
ب - منظر سطحي لجزء من فرع نبات اليلسان يوضح العديسات.

تكثر بينها المسافات البينية التي تتصل بنظيرتها الموجودة داخل الساق. ولهذا، فإن العديسات تعتبر عمرات لتبادل الغازات بين الأنسجة الداخلية للنبات والجو الخارجى، فهى بذلك تقوم بوظيفة الثغور.

ويقوم الكامبيوم العديسى Lenticel phellogen بتكوين العديسات، ويمثل جزءا من الكامبيوم الفلينى، ويكون منخفضا قليلا عن مستواه.

وتتكون العديسات على السيقان غالبا تحت كل ثغر Stoma أو مجموعة من الثغور، وقد تنشأ في مناطق من الساق خالية من الثغور. وتوجد العديسات أيضا على الجذور مرتبة عرضيا في أزواج، وواحدة منها على كل من جانبي فرع جذرى صغير. وفي الجذور الحزازنة، تتكون العديسات في صفوف رأسية في مواقع الجذور الثانوية. كما توجد العديسات على سطوح بعض الثمار مثل التفاح *Malus sylvestris* والكمثرى *Pyrus communis* على هيئة نقط واضحة (شكل ٨٢). وتشاهد العديسات على سطوح كثير من أغصان الأشجار والشجيرات في صورة بقع صغيرة ذات لون بنى، بارزة نوعا على السطح، مبعثرة بدون نظام أو مرتبة في صفوف رأسية أو أفقية. والعديسة ذات شكل عدسى ومنه اشتق اسمها، وقد تكون العديسات كشقوق ضيقة طولها بضعة ملليمترات، وقد يصل طولها إلى حوالى سنتيمتر أو بضعة سنتيمترات كما في التامول *Be-tula* وجنس *Pyrus* حيث تكون متطالة أفقيا ويزيد طولها عن بضعة سنتيمترات بتقدم عمر الشجرة لتساير الزيادة في محيط الساق. وفي بلوط الفلين *Quercus suber* ولسان

العصفور *Fraxinus excelsior* لا تتغير العديسات في الشكل أو الحجم تغيراً محسوساً. ولا تتكون العديسات على سيقان النباتات التي ينسلخ عنها طبقات القلف الخارجي مثل العنب *Vitis* واليوكوما *Tecoma* وكليباتس *Clematis* ونظراً لاستمرار تكوين أنسجة جديدة تكون على اتصال مباشر بالهواء الخارجي.

متشأ العديسات

يختلف وقت نشوء العديسات من نبات إلى آخر تبعاً لاستدامة البشرة. وفي معظم النباتات تنشأ العديسات الأولى خلال الموسم الأول للنمو، وأحياناً قبل أن تتوقف الساق عن النمو الابتدائي وقبل أن تتكون البريدم. وقد تنشأ العديسات والبريدم في وقت واحد مع انتهاء النمو الابتدائي. في بعض النباتات مثل التفاح *Malus sylvestris* تتجأ العديسات الكبيرة إلى عديسات أصغر بتكشف بريدم عادية في العديسات الأصلية.

وعند تكوين العديسة في الساق، تنقسم الخلايا البارنكيمي التي تقع تحت الثغور Stoma أو مجموعة من الثغور في مستويات مختلفة فتكون كتلة من نسيج خلايا مستديرة، رقيقة الجدر مفككة، سرعان ما تزداد في الحجم وتفقد ماها من بروتوبلاست وبلاستيدات خضراء، وتصبح ميتة. وتحدث انقسامات متتالية في مناطق أعمق فأعمق في القشرة في اتجاه مماسي يتكون عنها مرستيم يسمى الكامبيوم الفليني العديسى *Len- ticeel phellogen* يقوم بتكوين خلايا جديدة إلى الخارج، وخلايا قشرة ثانوية إلى الداخل. والخلايا المتكونة تكون غير مسورة.

والخلايا الناتجة عن انقسامات الخلايا البارنكيمي التي تقع تحت الثغور، وغيرها الناتجة إلى الخارج بسبب نشاط الكامبيوم العديسى، يتكون عنها مجتمعة ما يسمى بالنسيج المكمل *Complimentary tissue*. ويزيادة النسيج المكمل تتمزق البشرة في منطقة الثغور، فتعرض خلايا وتبرز فوق السطح.

ثم تموت الخلايا المعرضة وتسقط غير أنها تعوض بأخرى تنشأ من الكامبيوم الفليني العديسى. وتشاهد البشرة ممزقة على جوانب العديسة. كما يتكون عن الكامبيوم الفليني العديسى خلايا قشرة ثانوية غير مسورة إلى الداخل، تكون أكثر مما يكونه الكامبيوم الفليني. والكامبيوم الفليني العديسى يمثل جزءاً من الكامبيوم الفليني في البريدم غير أنه يبدو منخفضاً عن مستواه.

والنسيج المكمل هو الذي يميز العديسة عن نسيج الفلين المحيط بها. ويتنوع ترتيب خلايا هذا النسيج في العديسات تبعاً لنوع النبات. ففي ذوات الفلقتين، توجد ثلاثة طرز من العديسات هي :-

- ١ - يوجد هذا الطراز في أجناس مختلفة مثل الصفصاف *Salix* والحوار *Populus* والكمثرى *Pyrus* والمانونيا *Magnolia*.
ويتركب النسيج المكمل من خلايا ذات جدر مسورة، محكمة التلاصق، لا توجد بينها مسافات بينية.
- وتتدرج خلايا النسيج المكمل من رقيقة الجدر مفككة نوعا تتكون في الربيع الى أخرى تتكون في الخريف تكون خلاياها أكثر سمكا وأكثر تلاصقا.
- ٢ - الطراز الثاني ويوجد في أجناس لسان العصفور *Fraxinus* والبلوط *Quercus* والزيزفون *Tilia* وأخرى غيرها، ويتألف النسيج المكمل من خلايا مفككة جدرها غير مسورة. في نهاية الموسم تتكون طبقة غالقة *Closing layer* من خلايا محكمة التلاصق ذات جدر مسورة. وخلال موسم النمو تتمزق الطبقة الغالقة بامتلاء العديسة بالنسيج المكمل، وفي نهايته تتكون الطبقة الغالقة مرة أخرى.
- ٣ - الطراز الثالث ويمثل أعلى درجات التخصص، ويوجد في أجناس التامول *Be-tula* والزان *Fagus* وشجرة الجراد *Robinia*. والنسيج المكمل عبارة عن بعض طبقات من نسيج مفكك خلاياه واسعة غير مسورة متبادلة مع أخرى ضيقة من نسيج متساك خلاياه مسورة تتكون منها طبقات غالقة تحسك معا الخلايا المفككة. وتتمزق الطبقات الغالقة بالنمو الجديد في كل عام.

بقاء العديسات

كلما تعمق تكوين البريدرم، تقوم أجزاء من الكامبيوم الفليني بتكوين عديسات جديدة. والعديسات التي تنشأ في الطبقات العميقة من الساق، تقع تحت الشقوق التي تحدث في القلف الخارجى وبذلك يمكن تبادل الغازات في النباتات التي تبقى فيها طبقات البريدرم السطحية، تبقى العديسات لبضع سنوات، وتستطيع حينئذ في الاتجاه المماسى لتساير زيادة محيط البريدرم الذي يتوافق مع النمو الثانوى من خلاها.

الفصل الثالث عشر

التركيب الإفرازية THE SECRETORY STRUCTURES

- التركيب الإفرازية الخارجية
- الشعور الغدية
- الغدد الرحيقية
- الغدد المضمية
- الثغور المائية
- التركيب الإفرازية الداخلية
- الخلايا الإفرازية
- التجاويف والقنوات الإفرازية
- نسج الحليب النباتي
- الحليب النباتي
- ترتيب تركيب الحليب النباتي في جسم النبات

الفصل الثالث عشر التركيب الافرازية

THE SECRETORY STRUCTURES

تنتج خلايا النبات مواد متنوعة نتيجة لعمليات التحول الغذائي ، كثير منها يتفصل عن بروتوبلاست الخلية وترسب في خلايا غير حية أو فجوات الخلايا الحية أو في تجاويف أو قنوات . وظاهرة انفصال مختلف المواد عن البروتوبلاست تعرف بالافراز .

بعض المواد المفرزة قد لا يكون النبات بحاجة اليها مثل الراتنجات Resins والديباغ Tannins والبلورات Crystals والزيوت العطرية Essential oils أو تكون لها وظيفة فيسولوجية خاصة بعد افرازها مثل الهرمونات Hormones والانزيمات Enzymes والفيتامينات Vitamins . جميع التركيب التي تنتج مواد ذات فائدة للنبات يمكن أن تسمى التركيب الافرازية Secretory structures أما التي تنتج مواد لم يعد النبات بحاجة اليها ويلزم التخلص منها تسمى التركيب الاخراجية Excretory structures . ومع هذا ، لا يمكن وضع حد فاصل بين الافراز Secretion الذي يتضمن انفصال مادة ما من البروتوبلاست ، والاخراج Excretion الذي يتضمن فصل المواد التي يتخلص منها النبات بعد تكونها نتيجة لعمليات التحول الغذائي ، وذلك لأن الدور الذي يقوم به عدد كبير من هذه المواد المفرزة غير معروف على وجه الدقة ، كما أن أكثر من مادة قد توجد في نفس الموضع المفرزة فيه .

والمواد المفرزة قد تبقى في الخلية التي أفرزتها ، أو تخرج منها الى سطح النبات . والخلية الافرازية ، كبيرة غالباً ، وستوبلازمها غير ظاهر وفراغها كبير ممتلئ بالافراز ، أما الخلية الاخراجية فتتميز بأن سيتوبلازمها محبب ونواتها واضحة .

EXTERNAL SECRETORY STRUCTURES التركيب الافرازية الخارجية

تتميز هذه التركيب بأن لخلايا القدرة على افراز المواد الى خارج سطح النبات . أحياناً ، تنتقل المواد المفرزة الى أماكن محددة في جسم النبات حيث تتجمع فيها وتخزن .

وتختلف التراكيب الافرازية الخارجية في تركيبها ونوع المواد التي تنتجها. ومن هذه التراكيب الافرازية الخارجية ما يأتي :-

Glandular Hairs

١ - الشعور الغدية

يحمل سطح النبات عددا من التراكيب الافرازية ينشأ بعضها من خلايا البشرة والبعض الآخر من مشتقات خلايا البشرة وخلايا أخرى من القشرة. وفي بعض الأوراق أو الأزهار، ومناطق معينة من البشرة، يتكون شعور غدية متنوعة في التركيب. وتكون الشعور ذات رأس غدية وحيدة أو عديدة الخلايا على عنق ضيق يتركب من صف واحد من الخلايا والكلترات Colleters ذات الرأس عديدة الخلايا، والحرشيف أو الشعور الدرعية Scales or peltate hairs.

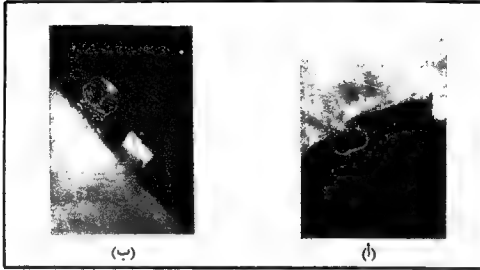
وفي الشعور الغدية والحرشيف يتجمع الافراز بين جدار الخلية والأدمة، وفي النهاية تتمزق الأدمة وينطلق الافراز (شكل ٨٣). قد تتجدد الأدمة ويتكرر الافراز أو تتحطم الشعرة وتختفى. وفي حالة الكلترات وهي شائعة على حرشيف البراعم الشتوية كما في جنس أبو فروة الحصان Aesculus و جنس الورد Rosa و جنس Carya تفرز مواد لزجة لاصقة، فتتمزق الأدمة بتأثير هذه الافرازات دون أن تتسع. وتسقط الكلترات بتفتح البراعم واتساع الأوراق. وفي نبات البلاكونا Atropa ينطلق الزيت العطري من الشعور الغدية دون أن تنفصل الأدمة.

والخلايا الافرازية النشطة تتميز بكثافة البروتوبلاست، ونواتها الكبيرة ونقص الفجوات العصارية. وقد تشكل الخلايا الافرازية في صورة تراكيب خاصة تسمى الغدد، تختلف في الوظيفة التي تؤديها. ولاتوجد حدود فاصلة بين الشعور الغدية والغدد. وتفرز الغدد الزهرية رحيقا Nectar سكري الطعم، كما تفرز غددا أخرى أملاحا كما في أوراق نباتات البيئة الملحية Saline habitat وهناك أخرى في النباتات قاصنة الحشرات تفرز عصارات هاضمة أو مواد لزجة.

Nectaries

٢ - الغدد الرحيقية

وهي تراكيب متخصصة تفرز رحيقا Nectar عبارة عن سائل سكري الطعم يجذب الحشرات لاجراء عملية التلقيح. توجد هذه الغدد على الأجزاء الزهرية، السبلات Sepals والبتلات Petals والأسدية Stamens والكرابل Carpels أو التخت وتعرف بالغدد الرحيقية Floral nectaries. ونادرا توجد الغدد الرحيقية على القنابات أو غيرها من الأجزاء الخضرية مثل السيقان، والأوراق وأعناق الأوراق مثل Passiflora والأذنان مثل



(شكل ٨٣) شعيرات غدية في نبات البابونج الألماني

أ - لاحظ انفصال الأدمة عن جدار الخلية حيث يتجمع الزيت الطيار
ب - لاحظ تمزق الأدمة وانطلاق الزيت الطيار

الفول *Vicia faba* وتسنتات الورقة مثل *Prunus* حيث تعرف بالغدد الرحيقية غير الزهرية
Extrafloral nectaries.

ويتنوع موضوع الغدد الرحيقية في أزهار مغطاة البذور، ففي أزهار النباتات ذوات
الفلقين، قد يفرز الرحيق بواسطة الجزء القاعدي من الأسدية كما في الشاي *Camellia*
أو بواسطة غدة رحيقية على شكل تركيب حلقي تحت الأسدية كما في العائلة القرنفلية
Caryophyllaceae وعائلة بنجر السكر *Chenopodiaceae*.

وفي بعض النباتات، تكون الغدة الرحيقية على شكل قرص عند قاعدة المبيض كما
في عائلة نبات الشاي *Theaceae* والعائلة الباذنجانية *Solanaceae* في العائلة الزيزفونية
Tiliaceae تتركب الغدد الرحيقية من شعور غدية عديدة الخلايا متراصة مكونة تركيبا
يشبه الوسادة. في جنس الورد *Rosa* من العائلة الوردية *Rosaceae* توجد هذه الغدد بين
الأسدية والمبيض، بينما في العائلة المركبة *Asteraceae* توجد في هيئة تركيب أنبوبي عند
قمة المبيض يحيط بقاعدة القلم *Style*. في بعض الأجناس حشرية التلقيح من العائلة
الشقية *Ranunculaceae* توجد الغدد الرحيقية على قواعد البتلات أو يمثلها أسدية
عقيمة محورة *Staminodes*.

وأحيانا، توجد غدد رحيقية منفصلة عند قواعد الأسدية كما في الكتان *Linum*
والجيرانيوم *Geranium*.

وفي ذوات الفلقة الواحدة، كثيرا توجد الغدد الرحيقية في حواجز المبايض متحدة الكرايل على شكل تجاويف أو جيوب تبطنها طبقة افرازية. اذا كانت الغدد عميقة في المبيض، تكون لها قنوات توصلها الى سطح المبيض كما في العائلة الزنبقية Liliaceae. وقد يتركز نسيج الغدة الرحيقية الافرازى في طبقة البشرة. وخلايا البشرة الافرازية تتميز باحتوائها على سيتوبلازم كثيف، وقد يكون شكلها حلميا Papillate أو متطاولة مثل الخلايا العمادية Palisade cells. وفي كثير من الأحيان، تكون الخلايا الواقعة تحت البشرة افرازية، وهى كثيفة السيتوبلازم، محكمة التلاصق، ذات جدران رقيقة، ويغضى الغدة الرحيقية أدمة رقيقة.

ويوجد النسيج الوعائى للغدة الرحيقية قريبا من النسيج الافرازى. وفي بعض الأحيان، يكون النسيج الوعائى هو نفس النسيج المغذى للعضو الذي توجد به الغدد الرحيقية، وفي حالات أخرى، يكون جزءا خاصا بها. وتوجد علاقة بين تنوع النسيج الوعائى ونوع الرحيق المفروز. والغدة الرحيقية هى التي تفرز رحيقا نسبة السكر فيه مرتفعة، النسيج المغذى الوعائى يتركب من اللحاء فقط. وإذا كان النسيج الوعائى الموصل للغدة مكونا، في نهايته، من الخشب واللحاء، فإن الرحيق يكون منخفضا في نسبة السكر.

Digestive Glands

٣ - الغدد الهضمية

في الغالبية العظمى من النباتات، افراز الإنزيمات عملية تقوم بها معظم الخلايا الحية، غير أنه في جلد قليل من النباتات تعرف باسم قانصة الحشرات Insectivorous plants توجد غدد خاصة تفرز انزيمات هاضمة لبروتين جسم الحشرة التي اقتنصتها حتى يستطيع النبات امتصاص نواتج الهضم والاستفادة منها. ففي جنس ورد الشمس Drosera توجد الغدد الافرازية عند قمم شعور غدية Tentacles مختلفة الطول على السطح العلوى للورقة، تقوم هذه الغدد بافراز مواد لزجة تلتصق بها الحشرة بالإضافة الى الانزيمات الهاضمة للأجزاء الرهيفة من جسمها. وفي جنس Nepenthes الذي تنحور فيه الورقة الى تركيب يشبه الجرة يكون ممتلئا جزئيا بسائل يحتوي على انزيمات هاضمة من افراز غدد جالسة. وتقوم هذه الغدد أيضا بامتصاص نواتج الهضم من هذا السائل. وفي هذا النوع من النباتات يكون الهضم خارجيا Extracellular.

Hydathodes

٤ - الثغور المائية

وهي مناطق متحورة توجد في كثير من النباتات يخرج منها الماء من داخل الورقة الى سطحها في الظروف التي يكون فيها التتح قليلًا بينما الرطوبة في التربة تكون عالية.

توجد هذه الثغور المائية عند أطراف أوراق النباتات لاسيما النجيلية، وعند تسننات حافة الورقة. والماء الناتج يحتوى على أملاح متنوعة، وسكريات ومواد عضوية. وتعرف هذه العملية بالامعاض *Guttation*.

والثغور المائية تشبه الثغور العادية من الناحية التركيبية، غير أن خلاياها الحارسة غير قادرة على الحركة، فهي مفتوحة باستمرار، ولهذا تعتبر فتحات يتسرب من خلالها الماء الزائد عن حاجة النبات في صورة قطرات تتجمع على سطح الورقة حيث تنتهي المروقي. في كثير من مغطاة البذور، هذه الثغور تمدها بالماء حزمة وعائية من قصيبات تنتهي بمجموعة متجورة من خلايا بارنكيمي تسمى الخلايا الطلائية *Epithelial cells* يمر الماء من خلال مسافاتها البينية الى البشرة، وهي خلايا رقيقة الجدر، خالية من البلاستيدات الخضراء وتكثر بينها المسافات البينية. وأحيانا، لا تحتوى الثغور المائية على نسيج الخلايا الطلائية، فلا تزيد عن مجرد فتحات في البشرة، ويمر الماء اليها خلال خلايا النسيج المتوسط في الورقة: وقد يوجد فتحة أو أكثر في منطقة الثغر المائي كما في العائلة الخيمية *Apiaceae* والمركبة *Asteraceae*. وقد تحاط الخلايا الطلائية بغلاف من خلايا مسورة.

التراكيب الإفرازية الداخلية INTERNAL SECRETORY STRUCTURES

التراكيب الإفرازية الداخلية تأخذ صورا مختلفة منها الخلايا الإفرازية، والتجاويف والقنوات حيث تحتوى على مواد متنوعة مثل الزيوت والراتنجات والديباغ.

١ - الخلايا الإفرازية Secretory cells

خلايا متخصصة و متميزة في نسيج خلاياه بارنكيمي، تحتوى على مواد متنوعة مثل الراتنجات والزيوت والديباغ والبلورات والصمغ وغيرها. وتعرف الخلايا الإفرازية الداخلية باسم الخلايا الإفرازية الغريبة *Secretory Idioblasts* اذا ما اختلفت تماما عن الخلايا المجاورة لها. وقد تكون الخلايا الإفرازية متتائلة الأقطار أو تزداد في الطول وتصبح في صورة أكياس *Sacs* أو أنابيب *Tubes* وقد تكون متفرعة. وتوجد الخلايا الغريبة في أى جزء من النبات، خضرى أو تكاثرى.

٢ - التجاويف والقنوات الإفرازية Cavities and Secretory Canals

تأخذ بعض التراكيب الإفرازية الداخلية شكل تجاويف *Cavities* أو قنوات *Canals* or *ducts* داخل أنسجة النبات تنتج أما عن انفصال الخلايا *Schizogenous spaces* أو عن انقراضها *Lysigenous spaces*. تنشأ الانفصالية نتيجة لانفصال الخلايا بعد ذوبان الصفائح الوسطى، وتنقسم الخلايا المحيطة بالتجاويف انقساماً محيطياً فتنتج طبقة من

خلايا افرازية تسمى الخلايا الطلائية Epithelial cells تحدد محيط التجويف، وهي خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر ذات بروتوبلاست كثيف، مستطيلة في الاتجاه وتمتد موازية لمحور التجويف أو القناة. والتجاويف والقنوات الانقراضية تنشأ نتيجة لتكسر وانقراض بعض الخلايا تاركة تجويفا يكون محاطا ببقايا الخلايا المحطمة. وهذه التجاويف والقنوات تحتوى على مواد متنوعة مثل الزيوت أو الراتنجات أو الصمغ وغيرها.

وتشاهد التجاويف الافرازية الانقراضية في جنس الموالح Citrus و جنس الكافور Eucalyptus والقطن Gossypium. ويتكون الافراز في الخلايا التي تنكسر، وتطلق الى التجويف الناتج عن تكسر وانقراض خلاياه. في قشرة ثمار الموالح تمتلئ الفجوة الانقراضية بالزيت العطري الذي يتكون في الخلايا قبل تكسرها. ويبدأ التكسر في بعض خلايا ثم يمتد الى الأخرى المجاورة.

والتجاويف الانفصالية قد تكون مستديرة كما في العائلة البقولية Leguminosae أو متطاولة على شكل قناة كما في العائلة المركبة Asteraceae والخيمية Apiaceae. وتحتوى هذه التجاويف على راتنجات أو صمغ أو مواد مخاطية، بينما في العائلة المركبة As-teraceae تحتوى القنوات الانفصالية على مركبات راتنجية.

LATEX TISSUE

نسيج الحليب النباتى

من أهم الصفات المميزة لعدد من النباتات مغطاة البذور احتواؤها على نسيج من خلايا متخصصة يسمى نسيج الحليب النباتى يحتوى على سائل معقد يعرف باسم الحليب النباتى Latex.

ويتركب هذا النسيج من نوعين من تراكيب الحليب النباتى Laticifers ؛ الأول عبارة عن خلايا مفردة والثاني أوعية أو قنوات عديدة الخلايا وفي كل من هذين النوعين فإن هذه التراكيب تكون عبارة عن أنابيب طويلة متفرعة. وتعرف الخلايا المفردة باسم قنوات الحليب النباتى غير المفصلية والثاني بالقنوات المفصلية أو أوعية الحليب النباتى. ويتكون من هذه القنوات جهاز يخرق مختلف أنسجة النبات. ويتشابه نوعا قنوات الحليب النباتى في المحتويات، الا أنها يختلفان في الشكل وفي التكوين بدرجة كبيرة.

ويبلغ عدد الأنواع التي تحتوى أجسامها على حليب نباتى حوالى ١٢٥٠٠ نوع من مغطاة البذور. وتتفاوت حجم هذه النباتات من نباتات عشبية حولية الى أخرى أشجار كبيرة مثل أشجار المطاط.

Non-Articulated Laticifers

١ - قنوات الحليب النباتي غير المفصلي

تنشأ القناة غير المفصلي في جسم النبات كخلية مفردة انشائية في جنين البذرة، ويستمر طرفها في النمو متغلغلا بين الخلايا الجديدة في جسم البادرة حتى جسم النبات الكامل حيث يتوغل فيه ويتفرع مخترقا الأنسجة الجديدة التي يكونها المرستيم القمي، مكونا، تراكيب تشبه الأنابيب. ويوجد نوعان من هذه التراكيب الأنبوبية، غير متفرعة Unbranched ومتفرعة Branched.

٢ - القنوات المفصلي غير المتفرعة Non-Articulated Unbranched Laticifers

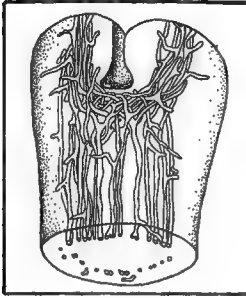
توجد في جنس الونكة *Vinca minor* من العائلة الأوسينية Apocynaceae وفي لحاء نبات القنب *Cannabis* من العائلة Cannabinaceae والحريق *Urtica* من العائلة الحريقية *Urticaceae*. وتظهر القناة غير المتفرعة في صورة أنبوبة طويلة غير متفرعة قد تمتد الى مسافة ليست قصيرة في الساق. والقنوات غير المفصلي وغير المتفرعة توجد بداياتها في الساق، وليست في جنين البذرة، كما في الونكة *Vinca* والقنب *Cannabis* حيث تنشأ هذه البدايات تحت المرستيم القمي، وتستطيل تدريجيا خلال الساق النامي في صورة أنبوبة غير متفرعة بالنمو التوغل والتوافق.

وقد تنشأ هذه القنوات في الأوراق مستقلة عن نظيرتها في الساق. وتنشأ بدايات جديدة باستمرار تحت المرستيم القمي كل منها يتكون عنه أنبوبة حليب نباتي غير متفرعة.

ب - القنوات غير المفصلي المتفرعة Non-Articulated Branched Laticifers

توجد في جنس *Euphorbia* من العائلة السوسبية Euphorbiaceae وبنس العشار *Asclepias* من العائلة العشارية Asclepiadaceae وبنس الدفلة *Nerium* من العائلة Apocynaceae (شكل ٨٤) وبنس *Ficus* من العائلة التوتية Moraceae. في هذا النوع تنشأ بضع بدايات خلوية Primordial laticifers مرتبة في صف طولي غير أن جذرها الطرفية تكون موجودة. ويتفرع الخلية المنشئة بداخل جسم الجنين وتستمر في النمو والتفرع متغلغلة في البادرة حتى جسم النبات الكامل فتصبح في صورة جهاز ضخ من أنابيب متفرعة داخل أنسجة النبات. هذه الصورة من التركيب لا تتحد عن طريق نمو الخلايا المفردة، وإنما بإضافة بدايات مرستيمية جديدة تتكشف الى عناصر حليب نباتي تضاف الى الموجودة فعلا.

وهذه القنوات ذات جدر سليولوزية ناعمة تبطنها طبقة رقيقة من السيتوبلازم تحتوي على كثير من الأنوية، ولهذا فهي مدمج مخلو *Coenocyte*. ويوجد الحليب النباتي محل



(شكل ٨٤): تراكيب اللبن النباتي في
العقدة الفلقية لجنين
ناضج في بذرة نبت
الدقلة.

العصير الخلوي ولاتلتحم فروع أى خلية مع فروع خلية أخرى.

Articulated Latices

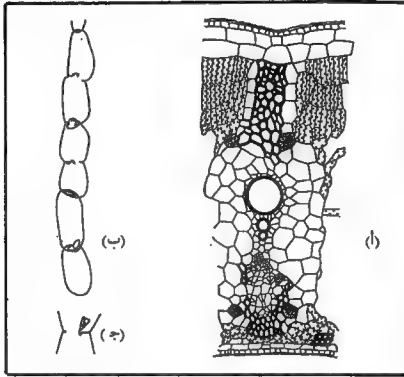
٢ - قنوات الحليب النباتي المفصليّة

تختلف هذه القنوات عن غير المفصليّة، في أنها منذ نشأتها تكون عديدة الخلايا. والقناة المفصليّة عبارة عن سلسلة طويلة من الخلايا، والجدر الفاصلة بين الخلايا وبعضها البعض قد تلاشت جزئياً أو كلياً، فأصبحت أنبوية الشكل. تماثل هذه الأنابيب في صورتها أوعية الخشب في مغطاة البذور، غير أنها حية، وتمثل مدعج خلوي. وكثيراً يعرف هذا النوع بأوعية الحليب النباتي Latex vessels.

في بعض النباتات مثل جنس البصل Allium وجنس Achras والموز Musa (شكل ٨٥) والبطاطا Ipomoea تكون قنوات الحليب النباتي المفصليّة عبارة عن سلاسل طويلة تمتد طويلاً في جسم النبات غير متصلة ببعضها البعض جانبياً. ويسمى هذا الطراز بقنوات الحليب النباتي المفصليّة غير المتشابكة - Articulated nonanastomosing laticifers.

وإذا كانت القنوات ممتدة جانبياً ومتباعدة عن بعضها، تحولت بعض الخلايا البارنكيمة الواقعة فيما بينها إلى وصلات حليب نباتي تصل الأوعية بعضها ببعض بعد أن تمتص الجدر الفاصلة بينها. ونتيجة لذلك، يتكون جهاز متفرع من أوعية الحليب النباتي المفصليّة المتشابكة - Articulated anastomosing laticifers.

ويوجد هذا الطراز في العائلة المركبة Asteraceae مثل جنس الخس lactuca وعائلة نبات البابا Caricaceae مثل البابا Carica papaya والخشخاشية Papaveraceae مثل



(شكل ٨٥): أ- جزء من قطاع عرضي في ورقة يوضح تراكيب اللبن النباتي المصاحبة للحزم الوعائية.

(ب، ج) رسم تخطيطي لجزء من وعاء لبن نباتي في الموز يوضح الثقوب في الجدر الفاصلة بين الخلايا.

جنس الخشخاش *Papaver* والعائلة السوسبية *Euphorbiaceae* مثل جنس هيفيا *Hevea*. وقد تتلاقى بعض الأوعية معا، وحيث تصبح مناطق التلاقى مثقبة كما في جنس هيفيا.

وتتميز أوعية الحليب النباتي بعدم انتظام جدرها في السمك ووجود يروزات في مواضع كثيرة منها، هذا بالإضافة الى الوصلات الممتدة بين مناطق عديدة فيها. والجدر السليلوزية غير ملحنتنة، والسيترولازم رقيق يحتوى على أنوية عديدة، والحليب النباتي يملأ الفجوة العصارية.

وقد يوجد الطرازان، المفصل وغير المفصل، في نباتات عائلة واحدة. فمثلاً، يوجد النوع غير المفصل في جنس *Euphorbia* بينما المفصل في جنس *Hevea* وهما من العائلة السوسبية *Euphorbiaceae*. ونادراً، يوجد النوعان معا في جسم النبات الواحد كما في بعض نباتات العائلة العشارية *Asclepiadaceae*.

الحليب النباتي

LATEX

الحليب النباتي سائل لزج نوعا به مواد مختلفة في حالة ذائبة أو غروية أو صلبة، وأهمها السكريات والنشا والبروتينات والزيوت. كما يحتوى على أحماض عضوية وأشياء قلويدات وصمغ وراتنجات وانزيمات وكاوتشوك. الحليب النباتي عادة أبيض اللون كما في ثمار الخشخاش *Papaver* ونبات بنت القنصل *Euphorbia* وأحيانا يكون بنى مائل للاصفرار كما في القنب *Cannabis* أو أصفر كما في شجرة الخطاطيف *Chelidonium* أو أحمر كما في ريزومات نبات عرق الدم *Sanguinaria*.

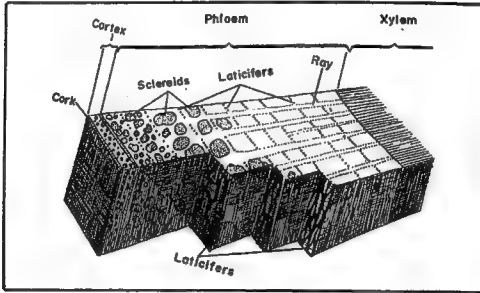
والحليب النباتي في التوت *Morus* والدفلة *Nerium* يكون رائقا. وفي نبات مطاط هيفيا *Hevea brasiliensis* هو المصدر الرئيسى للمطاط في العالم، وهى شجرة يتراوح ارتفاعها بين ٦٠-١٠٠ قدم وقطر الساق فيها حوالى ٨-١٠ أقدام، ويوجد منها أكثر من ثلاثمائة مليون شجرة. ويحتوى الحليب النباتي فيها على حوالى ٤٠-٥٠٪ من المطاط ويتبع من هذا النوع حوالى ٩٥٪ من المطاط المستهلك عالميا.

ويتربك جهاز الحليب النباتي في مطاط هيفيا من أوعية حليب نباتي توجد في اللحاء الثانوى (شكل ٨٦). يقوم الكامبيوم الوعائى في الساق بتكوين اسطوانات متبادلة من أوعية الحليب النباتي واللحاء. وأوعية الحليب النباتي يتكون منها جهاز متشابه نتيجة لتكسر الجدر العرضية للخلايا التي تتكون منها الأنبوية المفصليّة.

ويحصل على مادة تسمى *Chicle* من الحليب النباتي لشجرة *Achras sapota* وهى المادة الرئيسية في صناعة اللادن. والحليب النباتي لثمرة الباباوا *Carica papaya* يحتوى على انزيم باباين *Papain*. والأفيون *Opium* عبارة عن الحليب النباتي المجفف للثمار غير الناضجة لنبات الخشخاش *Papaver somniferum* وتبلغ نسبته ١٠-٢٠٪. والحليب النباتي لجنس *Euphorbia* يكون غنيا بفيتامين B_1 وقد تكثر بلورات الأكسالات في الحليب النباتي. ويحتوى الجدر السميك على السليولوز ونسبة مرتفعة من البكتين والهيميسليولوزات.

ويوجد من الحليب النباتي أنواع حلوة لذينة الطعم، يستفاد منها كبديل للبن الماشية في أمريكا الجنوبية. ويحتوى الحليب النباتي في جنس *Euphorbia* على حبيبات نشا ذات أشكال وحجوم مختلفة تكون دميلة الشكل *Dumb-bell shaped* أو قضبان. وكثيرا ما يوجد انزيم الدياستاز *Diastase* مع حبيبات النشا. وينطلق الحليب النباتي من تراكيبه اذا قطعت أو خدشت.

ولقد اتضح وجود الكالوز *Callose* في تراكيب الحليب النباتي. ووظيفة الحليب



(شكل ٨٦): رسم مجسم لجزء من قلف شجرة المطاط البرازيلي من جنس هيفيا يوضح تراكيب اللين النباتي في اللحاء الثانوي.

النباتى بالنسبة للنبات غير معروفة على وجه الدقة، وأنه يفرز بواسطة التراكيب التي تحتوى عليه، يتنقل خلالها الى بقية أجزاء الجسم. أحيانا يكون الحليب النباتى ساما، يحدث التهابات في الجلد. والحليب النبات لشجرة Excoecaria والتي تسمى في الهند بالشجرة العمياء، زائد السمية للدرجة تؤدي الى العمى اذا سكب في العين، ويصبح الجلد كثير الخرايع اذا ماسقطن عليه.

ترتيب تراكيب الحليب النباتى في جسم النبات

تتوزع تراكيب الحليب النباتى غالبا في جميع أجزاء النبات، غير أنه أحيانا يتركز وجودها في أنسجة خاصة، وعادة تكون مرافقة لنسيج اللحاء. وتوجد تراكيب الحليب النباتى في الاجزاء الهوائية للنبات، كما توجد أيضا في الجنود.

Non-Articulated Laticifers

(١) التراكيب غير المفصالية

أ. في جنس السوسب Euphorbia توجد الأنابيب الرئيسية لقنوات الحليب النباتى غير المفصالية المتفرعة Branched nonarticulated laticifers في الجزء الخارجى من الاسطوانة الوعائية، ومنها تمتد فروع الى القشرة Cortex وأحيانا النخاع. وأفرع القشرة تمتد حتى البشرة. الأفرع الصغيرة تكون أقل قطرا من الكبيرة الرئيسية. في بعض أنواع العائلة العشارية Asclepiadaceae والتوتية Moraceae توجد هذه التراكيب في مختلف

الأنسجة بما فيها الوعائية. في الأوراق، توجد التراكيب غير المفصليّة المتفرعة مرافقة للحزم الوعائية وتتفرع في النسيج المتوسط للورقة، وقد تتوغل بين خلايا البشرة، وقد تصل حتى سطح الخلايا تحت الأدمة.

ب - القنوات غير المفصليّة غير المتفرعة Unbranched nonarticulated laticifers وتوجد في اللحاء الابتدائي Primary phloem كما في الونكة Vinca والقنب Cannabis.

Articulated Laticifers

(٢) التراكيب المفصليّة

يتنوع نظام ترتيب القنوات المفصليّة، وأحيانا تكون مصاحبة للحاء في الجسم الابتدائي للنبات. في مجموعة Cichorieae من العائلة المركبة Asteraceae جميع أزهارها شعاعية Ligulate flowers توجد قنوات الحليب النباتي المفصليّة المتشابكة على الحدود الخارجيّة للحاء وفي اللحاء نفسه. في الأنواع ذات اللحاء الداخلي توجد قنوات الحليب النباتي مصاحبة له. القنوات الخارجيّة والداخلية تتصل معا عن طريق وصلات تمتد خلال المناطق بين الحزم الوعائية.

في عائلات أخرى، يتماثل توزيع القنوات المفصليّة كما في حالة Cichorieae. فمثلا، في عائلة الباباوا Caricaceae توجد هذه القنوات في كل من اللحاء والخشب. وفي جنس Hevea توجد القنوات المفصليّة في اللحاء الثانوي، وهي جهاز ثانوي المنشأ. وفي جنس الخشخاش Papaver توجد القنوات أيضا في اللحاء.

في ذوات الفلقة الواحدة، قنوات الحليب النباتي في الموز Musa تكون مرتبطة بالأنسجة الوعائية، وكذلك في القشرة. وفي جنس Allium توجد القنوات قريبة من السطح العلوي للأوراق أو الحراشيف Scales فيما بين الطبقة الثانية والثالثة للبارنكيا. والوحدة التركيبية لقناة الحليب النباتي في البصل تكون متطاولة بشكل ملحوظ، والجدر النهائي ليست مقببة وإنما توجد عليها رقعات نقرية واضحة.

في الأوراق، القنوات المفصليّة تصاحب الحزم الوعائية في مجموعة Cichorieae وتتفرع في النسيج المتوسط حتى تصل إلى البشرة. وشعور البشرة الموجودة على قنابات القلافة Involucre تصبح متصلة مباشرة بالقنوات المفصليّة نتيجة لتكسر الجدر الفاصلة، ولهذا يخرج الحليب النباتي من هذه الشعور إذا تحطمت.

الفصل الرابع عشر

التركيب الداخلي لأعضاء النبات الزهري

- التركيب الابتدائي للجذر
- منشأ الجذور الجانبية
- منشأ الجذور العرضية
- تكوين البراعم على الجذور
- النمو الثانوي في الجذور
- الجذور التي لا يحدث فيها نمو ثانوي
- الجذور ذات النمو الثانوي
- التحول الوعائي بين الجذر والساق

الفصل الرابع عشر

التركيب الداخلى لأعضاء النبات الزهرى

يتركب جسم النبات الزهرى من أنواع مختلفة من الأنسجة ، يمكن أن تضم في ثلاث وحدات نسيجية كبرى تسمى الأجهزة النسيجية Tissue systems . وتشمل هذه الأجهزة النسيجية ماياتى :-

(١) الجهاز النسيجي الضام Dermal Tissue System ويشمل البشرة التي تحيط بجميع أعضاء الجسم الابتدائى للنبات . وفي أعضاء النبات التي يحدث فيها نمواتانوى ، يقوم البريدرم periderm بوظيفة الحماية بدلا من البشرة .

(٢) الجهاز النسيجي الأساسى Ground Tissue System ويشمل جميع الأنسجة التي تتكون منها أرضية أعضاء النبات المختلفة ممثلة في القشرة Cortex والنخاع Pith والنسيج المتوسط في الورقة Mesophyll . ويعتبر النسيج البارنكىمى Parenchyma أكثر أنواع الأنسجة شيوعا في الجهاز النسيجي الأساسى ، وكثيرا يشترك معه النسيج الكولنكىمى Collenchyma أو الاسكلرنكىمى Sclerenchyma أو كليهما . وقد توجد بهذا الجهاز النسيجى خلايا افرازية .

(٣) الجهاز النسيجى الوعائى Vascular Tissue System ويحتوى هذا الجهاز النسيجى على نسيج الخشب Xylem ونسيج اللحاء Phloem . ويقترن النسيجان معا في جميع أعضاء النبات ويشتركان في القيام بوظيفة النقل ؛ الأول للماء والثانى للغذاء .

وتتوزع الأنسجة المختلفة في أعضاء النبات طبقا لطرق معينة تتوقف على عضو النبات أو مجموعته النباتية . أو كليهما . وتشابه هذه الطرز ، أساسيا في أن النسيج الوعائى يكون مطمورا في النسيج الأساسى ، وأن النسيج الضام يتكون منه الغطاء الخارجى لعضو النبات .

والاختلافات الرئيسية في الطرز تتوقف على التوزيع النسبى للأنسجة الوعائية

والأساسية. ففي النباتات ذوات الفلقتين مثلا، يوجد النسيج الوعائي للساق في صورة حزم وعائية Vascular bundles أو اسطوانة وعائية مجوفة يتوسطها نخاع من نسيج أساسي، ويوجد مقدار آخر منه بين الاسطوانة الوعائية والبشرة. وفي الورقة، يوجد النسيج الوعائي في صورة جهاز متشابك تكسوه البشرة على كل من السطحين.

في جذور ذوات الفلقتين غالبا، يكون النخاع غير موجود، وبذلك يشغل الخشب الجزء المركزي للجذر، وإذا لم يوجد الخشب في مركز الجذر كما في ذوات الفلقة الواحدة، شغل هذا المركز بالنخاع، ويوجد الخشب على هيئة أشرطة منفصلة تتبادل في وضعها مع اللحاء. توجد القشرة Cortex بين الأنسجة الوعائية Vascular tissues والبشرة Epidermis.

التركيب الابتدائي للجذر PRIMARY STRUCTURE OF ROOT

ينشأ الجذر الابتدائي عن جذير Radicle جنين البذرة، ويتكون عليه جذور جانبية من الطبقة المحيطة Pericycle. يتنوع التركيب الداخلي لجذر النبات تبعا لنوع النبات ومناطق الجذر نفسه ووظيفته التخصصية.

ويتعتبر التركيب الداخلي للجذر الابتدائي أبسط كثيرا من تركيب ساق نفس النبات. ويتضح ذلك في أن الجذر خال من الأوراق أو البراعم أو الأزهار، ولا توجد عليه ندب ورقية، وغير متميز إلى عقد وسلاميات.

وبالإضافة إلى هذه الصفات، فإن الجذر يتميز بوجود قنسوة Root cap تحمي مرستيمه القمي، ولا توجد به ثغور. كما أن البريدرم Periderm ينشأ من الطبقة المحيطة Pericycle به، والتي تنشأ منها أيضا الجذور الجانبية Lateral roots. وتوجد طبقة اندودرمس Endodermis في الجذر وكثيرا تكون غائبة في الساق.

وتوجد إختلافات أخرى تركيبية أساسية، تتركز في ترتيب وكيفية تكوين الأنسجة الوعائية الابتدائية في كل من الساق والجذر.

فالخشب الأول Protoxylem في الجذر يكون خارجيا Exarch xylem بينما في الساق يكون داخليا Endarch xylem. والنسيج الوعائي في الجذر يوجد في صورة حزم قطرية Radial bundles تشمل خشب ولحاء متبادلين بينما في الساق تكون الحزم الوعائية من النوع الجانبي Collateral bundles وأحيانا تكون مركزية Concentric bundles.

ويتركب الجسم الابتدائي للجذر الحديث، في منطقة الشعيرات الجذرية، من ثلاث مناطق هي البشرة والقشرة والاسطوانة الوعائية (شكل ٨٦). ولا تعتبر دراسة التركيب

الداخل للجذر الابتدائي كاملة بدون معرفة تركيب القلنسوة وأهميتها بالنسبة للجذر .

١ - القلنسوة Root Cap

هي التركيب الذي يحمي المرستيم القمي للجذر، فهي غلاف واق متجدد بصورة مستمرة يحمي الجذر أثناء امتداده في التربة . خلايا القلنسوة بارنكيميية مفككة قصيرة العمر، ليس لها ترتيب خاص وقد تترتب في صفوف مبتدئة من الخلايا المنشئة لها . والقلنسوة خالية من أى أنسجة وعائية أو دعامية وتحتوى الخلايا على حبيبات نشا Starch grains تكاد تكون دائمة . وتعتبر القلنسوة تركيب دائم التجدد، فخلاياها الخارجية إما أن تنفك من بعضها وتموت، أو تنفتق وتمزق وتسقط، غير أنها تعوض بخلايا أخرى جديدة تنشأ من مرستيم خاص بها يسمى Calyptrogen أو من مرستيم مشترك مع المرستيم منشئ البشرة في الجذر يسمى المرستيم منشئ البشرة والقلنسوة Der-mato-Calyptrogen

والخلايا الخارجية للقلنسوة ذات طبيعة مخاطية، وأحيانا تغطي المليمترات الطرفية لجذور كثير من النباتات بطبقة من مادة مخاطية قد تكون سميكة . الطبقة المخاطية التي توجد على أطراف الجذور الهوائية لبعض النباتات الاستوائية قد يبلغ سمكها عدة ملليمترات، وقد تحف مكونة طبقة جامدة . هذا الغلاف المخاطي Mucilage sheath يعتبر صفة بارزة في أنواع عائلة نبات الخلتج Erica التابع للعائلة الخلتجية Ericaceae فهو كبير وواضح ويمكن رؤيته بالعين المجردة . هذا الغلاف قد يغطي القلنسوة والمرستيم القمي وحتى منطقة الاستطالة كما في جذور نبات الأزاليا Azalea . والجزء الطرفي من جذور نبات القمح يغلفه غطاء مخاطي ممتلئ بخلايا انفصلت عن القلنسوة . ولقد اتضح ان نباتات القمح ترك في التربة مادة مخاطية جافة مقدارها يعادل وزن الحبوب الجافة الناتجة من نفس المساحة .

وتوجد القلنسوة من جميع نباتات الأرض . وفي معظم النباتات المائية وبعض النباتات المتطفلة تكون القلنسوة غير موجودة .

البشرة Epidermis

وهي طبقة سمكها خلية واحدة تحيط بالجذر . وخلايا البشرة محكمة التلاصق، متطاوله، ذات جدر رقيقة تتركب من السليلوز والمواد البكتينية، وهي غير مكونة ولا تنكسها أدمة . ولا توجد ثغور في بشرة الجذر .

وإذا كانت البشرة مستديمة، فقد تصبح خلاياها مكونة أو مسوية . البشرة ذات الجدر الخارجية السميكة توجد في الجذور الهوائية، وكذلك في الجذور التي تحتفظ بالبشرة

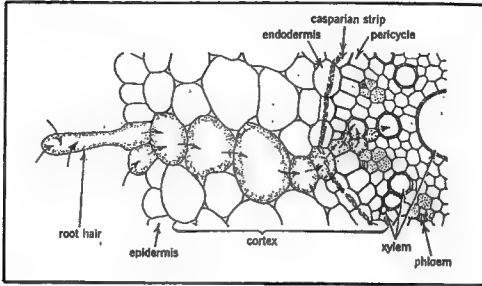
لفترة طويلة كما في كثير من ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين، وقد تصبح جدر خلايا مثل هذه البشرة ملجننة.

البشرة في الجذور تكون وحيدة الصف Uniseriate. الجذور الهوائية للنباتات المعلقة، التي تنتمي إلى العائلة الفلقاسية Araceae والعائلة الأوركيدية Orchidaceae التي توجد في المناطق الحارة وبعض ذوات الفلقة الواحدة الأرضية، تتميز بوجود تركيب يسمى الحجاب الجذري Velamen يمثل نوعاً من البشرة المتضاعفة Multiple epidermis (شكل ٧٢). يتركب هذا الحجاب عادة من عدة صفوف من خلايا غير حية، محكمة الترتيب، جدرها ثانوية سميكة مقواة بإداة اللجنين. والتغلغل في هذه الخلايا يكون حلزونياً أو شبكياً أو منقراً. يطن الحجاب الجذري طبقة اكسودرمس Exodermis. يتميز الحجاب الجذري بقدرته على امتصاص الرطوبة من الجو المحيط وامتصاص مياه الأمطار وقطرات الندى.

من أهم الصفات المميزة للبشرة في الجذور هي تكوين الشعيرات الجذرية Root hairs (شكل ٨٧). وتنحصر الشعيرات الجذرية في منطقة من الجذر توجد إلى الخلف قليلاً من طرف الجذر يتراوح طولها بين سنتيمتر واحد وبضعة سنتيمترات، وهي غائبة في منطقة المرستيم القمي والأجزاء المسنة من الجذر. ولقد لوحظ أن الجذور الرفيعة في بعض النباتات ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة توجد عليها شعيرات جذرية على طول امتدادها. وفي بعض النباتات، تكون جميع خلايا البشرة قادرة على تكوين شعيرات جذرية، وفي أخرى تقوم خلايا معينة بتكوين هذه الشعيرات. ولقد لوحظ تكوين شعيرات جذرية من طبقة تحت البشرة في جنس الموالح Citrus وبعض ذوات الفلقة الواحدة في الأجزاء المسنة من منطقة الشعيرات الجذرية.

والشعيرة الجذرية عبارة عن امتداد أنبوبي خلوية واحدة من خلايا البشرة. جدار الشعيرة رقيق جداً وشفاف يكسب الشعيرة مظهراً أبيضاً، يتركب من السيليلوز والمواد البكتينية. وتحتوي الشعيرة على فجوة عصارية كبيرة أو بضع فجوات. السيتوبلازم عبارة عن طبقة رقيقة تبطن جدار الشعيرة. النواة توجد في السيتوبلازم عند طرف الشعيرة أو قريباً من جزئها الأوسط. جدار الجزء الطرفي من الشعيرة يكون أكثر ليونة من جزئها القاعدي. الغطاء البكتيني للشعيرة تتخلله لويقات من السيليلوز.

الشعيرة عادة مستقيمة، غير أن شكلها يتوقف على مدى التصاقها بحييات التربة. عادة، لا تعيش الشعيرات الجذرية طويلاً، فسرعان ماتذبيل وتسقط بعد بضع ساعات من تكوينها، غير أنها تعوض بأخرى تنشأ من الجزء العلوي لمنطقة الاستطالة. في بعض النباتات العشبية المعمرة، قد تبقى الشعيرة لبضعة أسابيع أو شهور أو حتى



(شكل ٨٧): يوضح المسار الحلوي للدائيات الممتصة من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية حتى الاسطوانة الوعائية.

لبضع سنوات. وقد تستديم الشعيرات الجذرية طوال حياة النبات كما في جنس *Gladiolus* ويرتبط وجود هذه الشعيرات الدائمة بعدم وجود نموات أو تكوين بريردم وتزداد جدر الشعيرات في السمك وتصبح مكونة أو مسورة وقد تتلجن جدرها وتصبح تجاوبها ممتلئة ب مادة ملونة داكنة.

وتتفاوت الشعيرات الجذرية في كثافتها وأطوالها تبعاً لنوع النبات والبيئة المحيطة ويتراوح طول الشعيرة الجذرية بين ١٧ ، ٣٧-٠ ، من المليمتر، وقد يصل طولها الى حوالي المليمتر واحد. الجذور اليابسة لمعظم النباتات ذات الفلقتين التي يحدث فيها نمو ثانوي، توجد عليها شعيرات جذرية طولها أقل من مليمتر.

في بعض النباتات، تنشأ الشعيرة الجذرية من خلية متخصصة تسمى منشأة الشعيرة الجذرية *Trichoplast*. في هذه الحالة تنقسم إحدى خلايا البشرة الى خليتين أحدهما كبيرة والأخرى صغيرة غنية بالمحتويات البروتينية، تتكشف الى شعيرة جذرية، وتتميز بسرعة استطالتها، ومحتواها النشط من انزيمات الأكسدة والاختزال.

معظم النباتات الأرضية جذورها ذات شعيرات جذرية، تخلو منها معظم نباتات البيئة المائية. بعض جذور النباتات مغطاة بالنبور الخشبية التي تنمو في الغابات مثل البلوط *Quercus* والزان *Fagus* تخلو من الشعيرات الجذرية ويتم الامتصاص عن طريق خلايا البشرة الرقيقة أو عن طريق الميكوريزا *Mycorrhiza*.

القشرة Cortex

تنشأ القشرة في الجذر من المرستيم منشئ القشرة Periblem وقد تنشأ مشتركة مع البشرة من نفس المرستيم. والقشرة، هي المنطقة التي تقع بين البشرة والاسطوانة الوعائية في وسط الجذر، ويحدها من الداخل طبقة من صف واحد تسمى الاندودرمس Endodermis.

وتتركب القشرة في معظم الجذور من عدة طبقات من خلايا بارنكيمية غير متخصصة غالباً، رقيقة الجدر، بينها مسافات بينية واضحة. القشرة في الجذر تكون أوسع نسبياً منها في الساق، وغالباً تخصص في اختزان المواد الغذائية. في بعض الجذور اللحمية Tuberous roots يبلغ سمك القشرة عدة مرات مقدار سمك الاسطوانة الوعائية التي تبدو رقيقة في وسط الجذر.

وقد تكون القشرة متجانسة في تركيبها أو تحتوى على مجموعة من خلايا افرازية مثل خلايا الحليب النباتي Laticifers والفنتوات الراتنجية Resin ducts وقد تحتوى أحياناً على بلورات. لا توجد بلاستيدات خضراء في قشرة الجذور، ومع هذا، فإن جذور بعض النباتات المائية والجذور الهوائية لكثير من النباتات الاستوائية المعلقة تحتوى القشرة فيها على بلاستيدات خضراء، وكثيراً يوجد النشا في خلايا القشرة.

في كثير من جذور العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae وكذلك بعض النخيلية Areaceae تحتوى القشرة في الجذور على فجوات هوائية واسعة Lacunae. هذه الفجوات شائعة أيضاً في النباتات المائية.

قد تكون خلايا الاسكلرنكيا طويلة تشبه الألياف أو قصيرة. وأحياناً، يوجد النسيج الكولنكيمي في المنطقة الخارجية من القشرة كما في جنس Monstera وقد توجد ألياف متناثرة أو في صورة أشربة كما في بعض أنواع النخيل.

والجذور التي لا يحدث فيها نمو ثانوى، مثل جذور ذوات الفلقة الواحدة وكثير من ذوات الفلقتين العشبية، تستديم فيها القشرة طوال حياة النبات. وإذا حدث نمو ثانوى، كما في ذوات الفلقتين الخشبية، فإن القشرة تتحطم.

وعندما تسقط الشعيرات الجذرية، وتتمزق البشرة، تتحور بعض الطبقات الخارجية من القشرة الى نسيج حماية يسمى الاكسودرمس Exodermis (شكل ٧٢).

أهم ماتميز به خلايا الاكسودرمس هو ترسيب صفيحة من السورين على جدارها الابتدائى من الداخل، وتكسوها طبقة من السليلوز. وقد تصبح الخلايا ذات جدر ملجننة أو كلها من نوع واحد طويلة وجدرها مسورة Suberized كما في جذور الكتان Linum usitatissimum والخس Lactuca sativa وبعض النجيليات. وقد يتميز

بالإكسودرمس خلايا قصيرة غير مسورة الجدران بالإضافة الى الخلايا الطويلة ذات الجدر المسورة كما في البصل *Allium cepa*.

والخلايا القصيرة غير المسورة تسمى الخلايا الممررة *Passage cells*. يوجد الاكسودرمس في معظم جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة والقليل من ذوات الفلقتين.

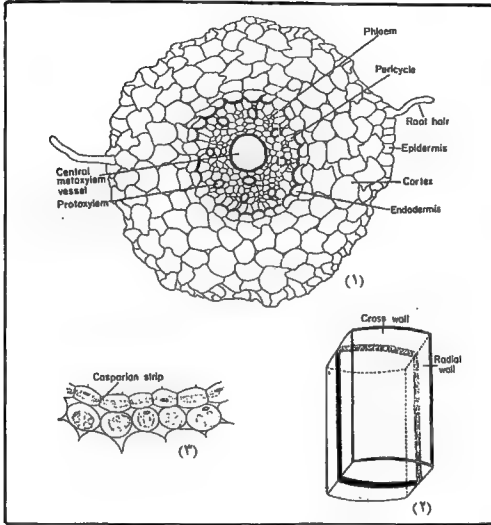
ويتراوح سمك طبقة الاكسودرمس بين طبقة واحدة ويضع طبقات، وأحيانا يصاحبها الى الداخل خلايا اسكلرنكيمية.

كما يوجد الاكسودرمس الى الداخل من الحجاب الجذري *Velamen*. وفي جذور الأوركيد *Orchid* يمثلها صف واحد من الخلايا سميكة الجدر يتخللها خلايا مررة *Pas-sage cells* جذرها رقيقة.

الاندودرمس *Endodermis* هو الطبقة الداخلية من القشرة وتفصل القشرة عن الاسطوانة الوعائية، ذات تركيب مميز عن بقية خلايا الجذر (شكل ٨٨). والاندودرمس اسطوانة سمكها صف واحد من الخلايا توجد في جذور النباتات مغطاة البذور. وأحيانا يتركب الاندودرمس من صنفين من الخلايا كما في جذور كثير من نباتات العائلة المركبة *Asteraceae*. وخلايا الاندودرمس، متطاوله محورها الطويل مواز لامتداد النسيج الوعائي، جذرها الطرفية عرضية غالبا. تشاهد الخلايا في القطاعات العرضية برميلية الشكل تقريبا محورها الطويل يكون مماسيا. وترتب الخلايا باحكام، فلا توجد بينها مسافات بينية.

وخلايا الاندودرمس حية، كثيرا تقوم بتخزين النشا، وقد يوجد بها دباغ *Tannins* أو بلورات *Crystals*. في النباتات ذات الفلقتين التي يحدث في جذورها نمواتانوى تتميزق طبقة الاندودرمس وتتسلخ مع بقية الأنسجة التي تقع الى الخارج منها اذا تكون البريدرم في الطبقة المحيطة. اذا نشأ البريدرم سطوحيا، بقيت طبقة الاندودرمس وسابت الزيادة في الأنسجة الوعائية الثانوية يحدث انقسامات بجدر قطرية في خلاياها الأمر الذي يؤدي الى زيادة عدد الخلايا بالإضافة الى اتساعها المماسي.

أهم الصفات التي تتميز بها خلايا الاندودرمس تتضح صورتها في وجود تغلظات من مادة اللجنوسوبرين *Lignosuber* تمتد حول جذرها القطرية والطرفية، تسمى شريط كاسبار *Casparian strip* (شكل ٨٨). يترسب هذا الشريط في مرحلة مبكرة من تكشف الخلية في الصفيحة الوسطى، وأخيرا يزداد في السمك ويترسب على جدار الخلية من الداخل، وهو يمثل جزءا من الجدار الابتدائي في الخلية. أحيانا، يكون شريط كاسبار عريضا يشغل معظم جدار الخلية.



(شكل ٨٨): التركيب الداخلي لجذر بادرة القمح.

- (١) قطاع عرضي في الجذر الابتدائي يوضح أنسجته الابتدائية. لاحظ طبقة الاندودرمس والتغلظات الموجودة بها.
- (٢) رسم تخطيطي يوضح أشرطة كاسبري على الجذر العرضية الجانبية.
- (٣) جزء من قطاع عرضي في الجذر الابتدائي يبين طبقة الاندودرمس والبارونكيا المجاورة لها.

ولقد أوضحت الدراسة بالمجهر الأليكتروني وجود تغلظ في الجدار الخلوي بمنطقة شريط كاسبار، كما يلتصق الغشاء البلازمي للسيتوبلازم بقوة بالجدار الخلوي في هذه المنطقة. وتحتوي الجذر المماسية والقطرية على نقر بسيطة كما توجد نقر قليلة في الجذر الطرفية.

وتمتد روابط بلازمية خلال جدر خلايا الاندودرمس وبعضها، وكذلك بينها وبين

جاراتها من خلايا القشرة. وتنعلم الروابط البلازمية في شريط كاسبار. يؤدي وجود شريط كاسبار في جدر خلايا الاندودرمس الى انسداد المسام الشعرية في هذه الجدر كما يتحكم مرور الماء من خلال السيتوبلازم الذي يتميز بنفاذية اختيارية وليس من خلال جدر الخلية، وبذلك يتحكم السيتوبلازم في مرور الماء من القشرة الى الاسطوانة الوعائية وبالعكس.

في معظم النباتات ذات الفلقتين لا يحدث محور في خلايا الاندودرمس، حيث تبقى في صورتها العادية بأشرطة كاسبار. وفي جذور ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين، في غياب النمو الثانوي، تحدث محورات تركيبية في خلايا الاندودرمس وتصبح جدرها زائدة السمك. في هذه الحالة الجدر القطرية المماسية الداخلية وأحيانا جميع الجدر، تصبح زائدة السمك نتيجة لترسيب صفيحة من السورين على سطوحها الداخلية (شكل ٨٩). وفي حالات أخرى، ترسب طبقة من السيلولوز فوق صفيحة السورين، وقد تصبح الجدر في النهاية ملجننة.

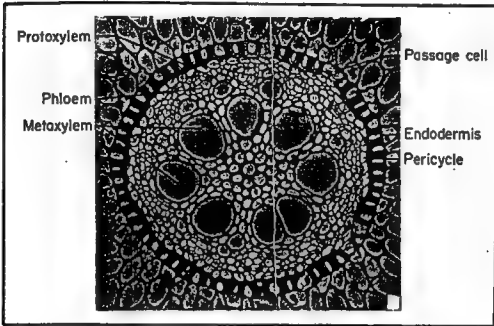
وقد تؤدي زيادة السمك الى غلق تحويف الخلية كما في نبات العشب Smilax.

لا تحدث هذه التحورات التركيبية في خلايا الاندودرمس في وقت واحد، ويتضح ذلك من ظهور أشرطة كاسبار والتحورات الجدارية المتعاقبة في أجزاء الاندودرمس التي تواجه اللحاء الابتدائي ثم تمتد جانبيا حتى الأجزاء المقابلة للخشب الابتدائي. ونتيجة لذلك، توجد خلايا سميكة الجدر في الاندودرمس تقابل اللحاء، وأخرى رقيقة الجدر بها الأشرطة الكاسبيرية في مقابل أذرع الخشب. الخلايا رقيقة الجدر تسمى الخلايا الممررة Passage cells (شكل ٨٩) وتعتبر الطريق الذي ينتقل خلاله الماء والذائبات من القشرة الى الاسطوانة الوعائية.

ولقد حددت وظائف معينة للانودرمس. فغالبا تقوم الخلايا بأحكام السيطرة على مرور الماء من خلايا القشرة الى عناصر الخشب الناقلة. وقد يمثل الانودرمس خزان هواء يحول دون انسداد عناصر الخشب الناقلة بالهواء. وقد يعتبر الانودرمس بمثابة طبقة واقية ميكانيكية داخلية نظرا لجدرها السميكة الملجننة وتمنع تسرب المواد من الاسطوانة الوعائية الى القشرة. أحيانا، قد ينشأ الكامبيوم الفليني في الانودرمس، كما تحدث فيها انقسامات قطرية حتى تستطيع مسارة الزيادة في القطر الناتج عن النمو الثانوي فتبقى لفترة ما، غير أنها سرعان ماتتجطم أمام استمرار هذا النمو.

الأسطوانة الوعائية Vascular Cylinder

يطلق مصطلح الأسطوانة الوعائية على الجزء الأوسط من الجدر الذي يضم الطبقة



(شكل ٨٩): صورة مجهرية لجزء من قطاع عرضي في الجذر الابتدائي لنبات الزنبق يوضح تركيب الاسطوانة الوعائية.

لاحظ أوعية الخشب التالي الواسعة وطبقة الاندودرمس زائفة السمك.

المحيطة والأنسجة الوعائية Vascular tissues وما يصاحبها من نسيج أساسي Ground Tissue الطبقة المحيطة تمثل الحدود الخارجية للأسطوانة الوعائية التي تنشأ من المرستيم منشأ الاسطوانة الوعائية Plerome طبقاً لنظرية أصل الأنسجة.

أ - الطبقة المحيطة Pericycle وتوجد الى الداخل من الاندودرمس وتتركب عادة من صف واحد Uniseriate من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر تحيط بالأنسجة الوعائية. في كثير من جذور النباتات ذوات الفلقة الواحدة، مثل الدراسينا Dracaena والصنوبر Aloe والنخيل Phoenix وبعض النجيليات، وقليل من ذوات الفلقتين مثل التوت Morus والصفصاف Salix تتركب الطبقة من بضعة صفوف. أحياناً تتركب من صف واحد تجاه اللحاء Phloem وبضعة صفوف تجاه الخشب Xylem. والطبقة المحيطة إما ان تكون مستمرة، أو مجزأة الى وحدات حينما تمتد أذرع الخشب الابتدائي حتى الاندودرمس مثل كثير من نباتات العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae أو في مواجهة اللحاء كما في عائلة Potamogetonaceae حيث تصل حزم اللحاء حتى الاندودرمس. أما الجذور عديمة الطبقة المحيطة فهي نادرة، وقد توجد بين النباتات المائية والمتطفلة.

وتبقى خلايا الطبقة المحيطة غير متخصصة في الجذور الصغيرة لمغطاة البذور. وعندما يبدأ النمو الثانوي في الجذر، تنشأ منها الجذور الجانبية والكامبيوم الفليني لذا ينشأ عنه نسيج البريديم Periderm وجزء من الكامبيوم الوعائي Vascular cambium الذي تنشأ عنه الأنسجة الوعائية الثانوية. مع استمرار النمو الثانوي، ينشأ الكامبيوم الفليني في اللحاء Phloem وتبعاً لذلك تسقط الطبقة المحيطة. في جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة، تقوم الطبقة المحيطة بتكوين الجذور الجانبية فقط. وفي الجذور التي لا يحدث فيها نمو ثانوي، كما في جلور معظم ذوات الفلقة الواحدة، تتحجر الطبقة المحيطة عادة في الجذور المسنة كلياً أو جزئياً. وقد تحتوي الطبقة المحيطة أحياناً على غدد افرازية أو قنوات لبن نباتي.

ب - الأنسجة الوعائية الابتدائية Primary Vascular Tissues

يوجد لحاء الجذور في صورة أشرطة موزعة بالقرب من المحيط الخارجي للأسطوانة الوعائية. والخشب يكون اما على هيئة أشرطة منفصلة تتبادل الوضع مع أشرطة اللحاء، أو يشغل مركز الجذر وتمتد منها أذرع الى الخارج، فيصبح الشكل العام للخشب الابتدائي نجمياً. وإذا لم يتكشف خشب في مركز الجذر، فإن الأخير يشغل مركز النخاع. ونظراً لأن ذراع الخشب الابتدائي يجاوره على نصف قطر آخر كتلة لحاء ابتدائي، أي أن كل منها على نصف قطر خاص به، فتسمى الحزم الوعائية بالحزم القطرية Radial bundles.

ويختلف عدد أذرع الخشب الابتدائي في الجذر الابتدائي باختلاف نوع النبات، واعتماً إذاً على هذا العدد يسمى الجذر أحادي الحزم Monarch وهي حالة نادرة، إذا وجد ذراع واحد من الخشب كما في الجذر الرفيع لنبات ابوقرين Trapa nation وثنائي الحزم Diarch إذا وجدت حزمتان مثل جذر البنجر Beta vulgaris والجذر Daucus Carota وثلاثي الحزم Triarch إذا وجدت ثلاث حزم مثل جزر البسلة Pisum sativum والرسم الحجازي Medicago Sativa ورباعي Tetraarch كما في جذر القطن Gossypium والقرع Cucurbita وخماس Pentarch كما في شقائق النعمان Ranunculus وهكذا حتى عديد الحزم Polyarch وهي حالة شائعة في ذوات الفلقة الواحدة رغم تنوعاتها الكثيرة. وعادة يتراوح عدد أذرع الخشب في جذور النباتات ذات الفلقتين بين ٢-٨ أذرع أو أكثر قليلاً كما في نفل الماء Menyanthes trifoliolate (١١ ذراع). في ذوات الفلقة الواحدة، يكون عدد أذرع الخشب الابتدائي بين ٨-٣٠ ذراعاً (٣٠ ذراع في Smilax) ولهذا تسمى عديدة الحزم Polyarch. قد يصل العدد الى حوالي مائة ذراع كما في بعض نباتات العائلة النجيلية. ويختلف كثيراً عدد حزم الخشب في النوع الواحد. فيشتمل جذر البصل على

عدد محدود من حزم الخشب مع أنه من ذوات الفلقة الواحدة. وتنفصل الحزم القطرية عن بعضها بواسطة خلايا بارنكيمة، وتصبح اسكلرنكيمة في الجنور التي لا يحدث فيها نمو ثانوى.

ويتميز الخشب الابتدائى الى خشب أول وخشب تالى. يبدأ تكشف العناصر الوعائية للخشب الابتدائى من الخارج الى الداخل في اتجاه مركز الجذر، وبذلك يقع الخشب الأول جهة البرسيكل بينما الخشب التالى تجاه مركز الجذر، ولذا يوصف الخشب الابتدائى في جنور مغطاة البلور بأنه خارجى الخشب الأول Exarch xylem. وعناصر الخشب الأول أقل عددا من الخشب التالى، وهى ضيقة ذات تغليظ حلقي وحلزونى. وعناصر الخشب التالى أكثر اتساعا من الخشب الأول، وتغليظها سلمى Scalariform أو شبكى Reticulate ومنقر Pitted. ويتركب الخشب الابتدائى في الجذر من عناصر ناقلة خلايا بارنكيمة واللياف.

ويتنوع التركيب الابتدائى الوعائى في جنور النباتات ذات الفلقة الواحدة. ففي بعض الجنور يوجد وعاء خشب تالى فقط في مركز الجذر ترتبط به بقية عناصر الخشب التالى في أفرع الخشب وبذلك لا يوجد نخاع. وفي جنور أخرى، توجد حلقة من أوعية واسعة تحيط بالنخاع. وقد ترتب أوعية الخشب التالى في حلقتين أو ثلاثة كما في جنس لاتانيا Latania أو تكون مبعثرة في وسط الجذر. في جنس الموز Musa توجد أوعية الخشب وحزم اللحم مبعثرة خلال الجزء الأوسط من الأسطوانة الوعائية. ويخلو الخشب الابتدائى في الجذر من اللياف.

يشاهد اللحم الابتدائى في القطاعات العرضية للجنور على هيئة مجموعات دائرية الشكل أو مثلثة. يتركب اللحم الابتدائى في مغطاة البلور من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارنكيمة. ومحتوى قليلا اللحم الابتدائى على اليف كما في العائلة الحبابية Malvaceae والفراشية Fabaceae. الأنابيب الغربالية التي تتكشف أولا في اللحم الابتدائى تكون ضيقة وسرعان ما تتحطم وتمتص. قد تتكون خلايا مرافقة للأنابيب الغربالية التي تتكشف أولا، وأحيانا، تكون غير موجودة. والأنابيب الغربالية الأخيرة ذات خلايا مرافقة، وهى جزء من اللحم التالى.

وتدرج تكشف العناصر في اللحم الابتدائى يكون في اتجاه المركز ابتداء من الحدود الخارجية لشرط اللحم.

النخاع Pith

النخاع في جنور النباتات ذات الفلقتين صغير جدا أو غير موجود. في الحالة الأخيرة

يشغل الخشب التالي مركز الجذر. أحيانا يكون النخاع واسعا كما في جذر نبات قاتل النمر *Aconitum napellus* من العائلة الشقيقية *Ranunculaceae*. وجذور ذوات الفلقة الواحدة، عادة، يوجد بها نخاع، ويترب النخاع من خلايا بارنكيميعة تماثل في تركيبها تلك الموجودة بين العناصر الوعائية، وأحيانا تكون جذرها رقيقة. خلايا النخاع متجانسة، وتندثر مع تقدم النمو الثانوى. في ذوات الفلقة الواحدة قد تصبح خلاياه متحجرة في المراحل الأخيرة من حياة النبات.

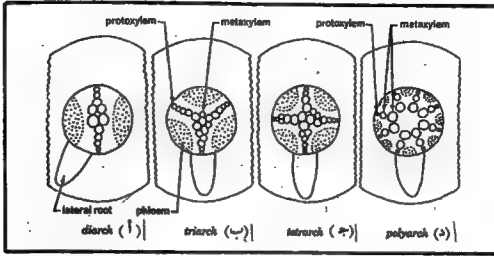
ORIGIN OF LATERAL ROOTS منشأ الجذور الجانبية

في مغطاة البذور، ينشأ الجذر الابتدائى عن جذير جنين البذرة، حيث تنشأ عليه أفرع جذرية جانبية تسمى الجذور الثانوية *Secondary roots* وهذه بدورها تتفرع لتنشأ جذور ثالثة *Tertiary roots* وقد يصل التفرع في الجذور الى الدرجة الرابعة او الخامسة، وقد تتكون جذور جانبية حتى الدرجة السابعة.

والمجموع الجذرى في ذوات الفلقة الواحدة من مغطاة البذور يكون عرضيا، نظرا لأن الجذر الابتدائى الذي ينشأ عن جذير الجنين يموت مبكرا في حياة النبات. تنشأ هذه الجذور العرضية من قاعدة الساق فوق منطقة نشوء الجذر الابتدائى، وقد تنشأ في جنين البذرة. ومن ناحية أخرى قد يكون الجذر الابتدائى ضعيفا أو غير موجود كما في بعض أنواع الأوركيد وبعض النباتات المائية والمتطفلة. من الصفات الهامة التي تميز الجذور عن السيقان طريقة تكوين المحاور الجانبية. ففي الساق، تتكون بدايات الفروع *Branch primordia* وبدايات الأوراق *leaf primordia* من المرستيم القمى للساق، أما في الجذور فلا يتكون أى فرع جذرى من المرستيم القمى الجذر. وتنشأ بدايات الجذور الجانبية داخليا من الطبقة المحيطة خلف منطقة الشعيرات الجذرية مباشرة في المنطقة الدائمة للجذر الأب. ولهذا، توصف الجذور الجانبية بأنها داخلية المنشأ *En-dogenous*.

والجذور الجانبية، سواء نشأت على الجذر الابتدائى أو أحد فروعه، أو على جذر عرضى، فانها تنشأ من الطبقة المحيطة الناضجة، وقد تشترك طبقة الاندودومس *Endodermis* الى درجة ما في تكوين البداية الجذرية *Root primordium*.

وتتكون بدايات الجذور الجانبية في أماكن محددة من الطبقة المحيطة (شكل ٩٠) اما المواجهة لحزم الخشب الابتدائى أو المناطق الواقعة بين الخشب واللحاء. في الجذور ثنائية حزم الخشب *Diarch roots* مثل البنجر *Beta vulgaris* والجذر *Daucus carota* فتنشأ بدايات الجذور الجانبية من مناطق الريبسيكل التي تكون واقعة بين أفرع الخشب الابتدائى واللحاء الابتدائى. وتبعاً لذلك، تتكون أربعة صفوف من الجذور الجانبية

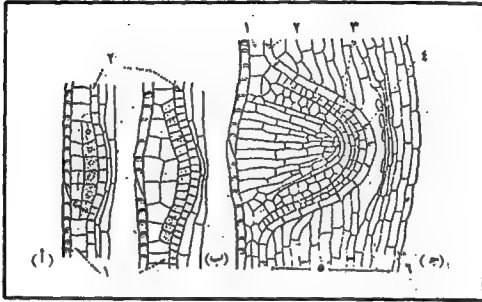


(شكل ٩٠): رسوم تخطيطية تبين الأنسجة الوعائية الابتدائية. وموضع نشوء الجذور الجانبية بالنسبة للأنسجة الوعائية في الجذر.

- أ - عدد أفرع الخشب اثنان ونشوء الجذر الجانبى فيما بين الخشب واللحاء.
- ب - عدد أفرع الخشب ثلاثة ونشوء الجذر الجانبى في مقابل الخشب.
- ج - عدد أفرع الخشب أربعة ونشوء الجذر الجانبى في مقابل الخشب.
- د - عدد أفرع الخشب عديدة (يمثل فوات الفلقة الواحدة) ونشوء الجذر الجانبى في مقابل فروع من الخشب

أى يكون عدد صفوف الجذور مساويا لضعف عدد أفرع الخشب. في الجذر الأب الذي يزيد فيه عدد حزم الخشب عن اثنين، تنشأ بدايات الجذور الجانبية من الطبقة المحيطة أما في مقابل أفرع الخشب الأول كما في كثير من ذوات الفلقتين، أو في مقابل حزم اللحاء كما في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae من ذوات الفلقة الواحدة، وبذلك يكون عدد صفوف الجذور الجانبية مساويا لعدد حزم الخشب في الجذر الأب. وتبعاً لما تقدم، فإن عدد صفوف الجذور الجانبية يكون مساويا لعدد أفرع الخشب الابتدائى في الجذر الأب أو ضعف هذا العدد.

وعند نشأة جذر جانبى، تأخذ مجموعة من خلايا الطبقة المحيطة المتجاورة في مساحة قطرها خليتين على الأقل في الانقسام أولاً محيطياً Periclinal ثم في الاتجاه القطرى Anticlinal. نتيجة لهذه الانقسامات يتكون بروز من خلايا مرستيمية هو بداية الجذر الجانبى Lateral root Primordium (شكل ٩١). وباستمرار النمو، يتكشف المرستيم القمى ومناطق الأنسجة الابتدائية والقلنسوة في محور الجذر الصغير. ثم تخرق بداية



(شكل ٩١): رسوم تخطيطية لقطاعات عرضية تمثل ثلاثة أطوار لنشوء الجذر الجانبي.

- أ - نشطت ست خلايا من البريسكيل وانقسمت عماسيا.
- ب - ازداد الانقسام المماسي ولازمه انقسام عمودي على السطح في اتجاه قطري، وبذا تكون بروز
- جـ - بداية الجذر الجانبي. كما انقسمت خلايا الأندودرمس المجاورة بمستوى عمودي على سطحها المنبسط. جـ ازدادت الانقسامات وتكشفت القمة النامية والقلنسوة، وأخذ الجذر الجانبي طريقة هـ
- قشرة الجذر الأب إلى الخارج. ١- البريسكيل. ٢- الأندودرمس. ٣- القمة النامية. ٤- القلنسوة. ٥- قشرة الجذر الأب. ٦- بشرة الجذر الأب.

الجذر الجانبي نسيج القشرة تدريجيا نحو الخارج.

بعض الباحثين يرون أن الجذر النامي يشق طريقة في القشرة بقوة ميكانيكية، ويرى آخرون أن القلنسوة تقوم بإفراز انزيمات من خلاياها السطحية تهضم خلايا القشرة التي تعترض طريقها، ومع هذا، فلا يوجد اتصال بين الجذر الأخذ في النمو وأنسجة الجذر الأب المحيطة التي يخرقها. ونظرا لأن الجذر الجديد ينشأ من الطبقة المحيطة، فإن المنطقة بين النسيج الوعائي في كل من الجذور الجانبية والجذر الأب تكون صغيرة، وخلاياها مشتقة من الطبقة المحيطة. هذه الخلايا الأخيرة تتكشف إلى أنسجة وعائية جديدة تصل مع النسيجين الوعائيين في كل من الجذر الجانبي والجذر الأب.

وفي كثير من النباتات، أحيانا، تنقسم خلايا الأندودرمس في الجذر الأب قطريا كما تنقسم عماسيا، وبذلك تتكون منها طبقة من صف واحد على سطح بداية الجذر الجانبي. وأحيانا، تنقسم خلايا الأندودرمس أيضا محيطيا، فتتكون منها أكثر من طبقة. بعد أن

يظهر الجذر الجانبى على السطح أو قبل ظهوره قموت الخلايا الناتجة عن الاندودرمس وتسقط. أحيانا أخرى، تنقسم هذه الخلايا محيطيا وقطريا فتتكون أكثر من طبقة على سطح بداية الجذر. وقبل أن يظهر الجذر الجانبى على السطح، يموت النسيج المتكون عن الاندودرمس يسقط كما يسقط معه الأنسجة الأخرى الممزقة.

في حالات قليلة، يتكون عن المشتقات الخلوية لخلايا الاندودرمس وغيرها من خلايا القشرة المجاورة للجذر الجانبى، تركيب يغلف المنطقة الطرفية فيه يسمى الجيب الجذرى Root pocket قد يكون كبيرا في النباتات المائية عديمة القلنسوة مثل عدس الماء *Lemna minor*.

ونظرا لتكوين الجذور الجانبية في مناطق محددة من الجذر الأب، في مواجهة حزم الخشب أو اللحاء أو فيما بينهما، فإن الجذور الجانبية تشاهد مرتبة في صفوف طولية، تكون أكثر وضوحا في الجذور الخازنة Storage Roots مثل الجزر *Daucus carota*. وعادة، هذا الترتيب يكون مشوها في الجذور الرفيعة الأرضية. يختلف فرع الجذر تبعا للمصنف ونوع النبات وظروف التربة، ومع هذا، فهو أكثر غزارة من فرع السيقان الهوائية.

ORIGIN OF ADVENTITIOUS ROOTS منشأ الجذور العرضية

تشمل الجذور العرضية جميع الجذور التي تنشأ على العقد والسلاميات وأحيانا الأوراق، وتلك التي تنشأ على السيقان الأرضية، والجذور المسنة في غير مناطق الطبقة المحيطة، وعلى السويقة تحت الفلقية للبادية، وقد تنشأ مرتبطة بالبراعم، ومن عقل الساق عند زراعتها.

في معظم النباتات النجيلية، تتكون جذور عرضية جنينية Seminal roots يختلف عددها من جنس إلى آخر، أو تنشأ في مناطق السلاميات.

تنشأ الجذور العرضية أيضا من بدايات جذرية Root Primordia سبق تكوينها غير أنها ظلت ساكنة لتنشط خلال نمو النبات، وقد تنشأ عن بدايات جذرية جديدة.

وفي معظم الحالات، تنشأ الجذور العرضية داخليا Endogenous وفي حالات قليلة تنشأ خارجيا Exogenous من خلايا نسيج القشرة للعضو الذي تنشأ منه.

والجذور العرضية التي تتكشف عن البدايات الجذرية تنشأ بالقرب من الأنسجة الوعائية المتكشفة لعضو النبات الذي تتكون منه. فإذا كان عضو النبات يافعا نشأت بداية الجذر العرضى من عدد من الخلايا بالقرب من حدود الأنسجة الوعائية أما إذا كان هذا العضو مسنا فإن منشأ الجذر العرضى يكون من موضع أكثر عمقا بالقرب من الكامبيوم الوعائى.

وفي السيقان الليفية، الخلايا التي تتكون عنها بداية الجذر العرضي تنشأ من الخلايا البارنكيمية التي توجد بين الحزم الوعائية Interfascicular parenchyma بينما في السيقان المسنة الخشبية فانها تنشأ من بارنكيا الشعاع الوعائي Vascular ray غالبا في منطقة العقدة، أو في السلامية، أحيانا، كما في الصفصاف *Salix* والحور *Populus*.

ان منشأ بدايات الجذور العرضية في المناطق بين الحزم الوعائية أو الشعاع الوعائي، يجعل الجذر الحديث مجاورا لنسيج الخشب واللحاء في ساق النبات الأمر الذي ييسر سرعة تكوين الاتصال الوعائي بين الجذر العرضي والساق حيث تنشأ أنسجة وعائية من البارنكيا الواقعة بينهما. جذور الجروح Wound roots وهي جذور عرضية، تنشأ في أنسجة الكالوس Callus قريبا من سطح مقطوع. والكالوس نسيج يتركب من خلايا بارنكيمية كبيرة رقيقة الجدر ينشأ نتيجة لرح يحدث في عضو النبات. تنشأ هذه الجذور داخليا بعد تكوين النسيج الوعائي في الكالوس من مرستيم يمثل امتدادا للكامبيوم الوعائي في حالة العقل الساقية. وقبل أن يظهر الجذر العرضي خارج أنسجة الساق أو الجذر ينشأ له مرستيم قمى وقلنسوة. تخرج الجذور العرضية من أنسجة النبات بالطريقة التي تسلكها الجذور الجانبية للمجموع الجذري الوتدي، حيث تنشق طريقها في القشرة بقوة ميكانيكية أو تحطم الخلايا التي في مواجهتها وتبضعها نتيجة لنشاط القلنسوة.

في أوراق بعض النباتات مثل *Bryophyllum* تتكون الجذور العرضية من حافة الورقة. في العقل الساقية لنبات قصب السكر، تتكون الجذور العرضية من بدايات جذرية تشاهد كنقط بيضاء اللون عند قاعدة السلامية. في نبات الفانيليا *Vanilla* توجد محاليق جذرية تنمو عند عقد ساق النبات تلتف حول ما يجاورها من دعومات، تساعد الساق في التسلق.

وتتفاوت أنواع النباتات تفاوتاً كبيراً في السهولة التي تتكون بها الجذور العرضية. ففي جنس الصفصاف *Salix* مثلاً، تتكون الجذور العرضية بسهولة في العقل الساقية *Stem cuttings* حيث توجد بدايات جذرية سبق تكوينها. وفي الكمثرى *Pyrus communis* والتفاح *Malus sylvestris* يصعب تكوين الجذور العرضية في العقل الساقية حيث لا تحتوي على بدايات جذرية. وفي نبات قصب السكر، تتكون الجذور العرضية بسهولة من بدايات جذرية عند قاعدة السلامية. والعقل الجذرية لنبات توت العليق *Rubus* تتكون عليها الجذور العرضية بسهولة.

وتتغير القدرة على تكوين الجذور العرضية بتغير عمر النبات، فالنباتات الحديثة عمراً تكون أكثر قدرة من المسنة على تكوين الجذور العرضية.

والجذور العرضية يتألف منها المجموع الجذري الأساسي في ذوات الفلقة الواحدة،

وذوات الفلقتين التي تتكاثر بالريزومات وغيرها من السيقان الأرضية والسيقان الجارية، وكذلك في النباتات المائية والمتطفلة.

تكوين البراعم على الجذور

يؤدي تكوين البراعم على الجذور إلى إمكانية تكاثر النباتات بواسطة العقل الجذرية Root cuttings. تنشأ كثيرا البراعم داخليا مثل الجذور الجانبية أو العرضية. وقد ينشأ البرعم في الطبقة المحيطة Pericycle لجذر حديث بينما في الجذر المسن ينشأ عن نسيج أشعة Ray tissue وقد ينشأ خارجيا عن نمو يشبه الكالوس يتكون من الكامبيوم الفليني. تنشأ كثيرا البراعم بجوار الجذور الجانبية.

النمو الثانوي في الجذور SECONDARY GROWTH IN ROOTS

النمو الثانوي Secondary growth يؤدي إلى زيادة قطر ساق النبات أو الجذر نتيجة لتكوين أنسجة وعائية ثانوية يقوم بإنشائها الكامبيوم الوعائي Vascular Cambium. هذه الزيادة في القطر، تكون متبوعة بنشاط الكامبيوم الفليني Phellogen الذي يقوم بتكوين نسيج واق يدعى البريدرم Periderm. ويتتج عن النمو الثانوي الجزء الأكبر من جسم النبات.

وتختلف جذور النباتات مغطاة البذور في مقدار النمو الثانوي الذي يحدث فيها. فالنباتات العشبية ذوات الفلقتين Herbaceous dicotyledons لا يحدث في كثير منها نمو ثانوي، بينما في أخرى يتكون مقدار ملحوظ منه أو يكون ضئيلا. وفي ذوات الفلقتين الخشبية Woody dicotyledons يحدث النمو الثانوي في جذوره التودية وفروعها الرئيسية بينما الفروع الصغيرة Branchlets تكون خالية منه. والغالبية العظمى من ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons لا يحدث فيها نمو ثانوي، بينما في عدد قليل منها، مثل الدراسينا Dracaena يحدث النمو الثانوي في الجذر والساق.

ولتختلف الأنسجة الوعائية الثانوية اختلافا جوهريا عن مثيلاتها في ساق نفس النبات. بل أن الاختلافات تلائم التبليين في الوظيفة. فخشب الجذور يحتوى على أوعية أكبر اتساعا وأكثر عددا وذات جدر رقيقة وتقل به الألياف بينما تزداد البارنكيا. اللحاء يحتوى في الجذور على ألياف أقل وبارنكيا اختزائية أكبر. ومع هذا، فإن بداية النشاط الكامبيوم في الجذر لها مميزات الخاصة تختلف عنها في الساق نتيجة لاختلاف ترتيب الأنسجة الوعائية في كل من الجذر والساق.

الجذور التي لا يحدث فيها نمو ثانوي

جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة تتميز بعدم حدوث نمو ثانوي فيها، وتبعاً لذلك

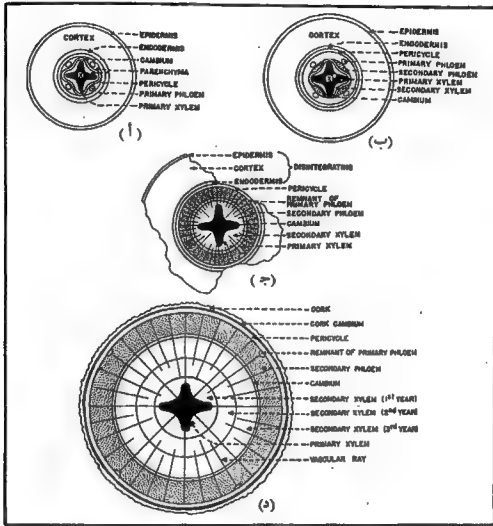
فان النمو فيها يكون ابتدائيا. ويتم النمو الابتدائي بنضج كل من الخشب التالى واللحاء التالى، وتحجر Sclerification الخلايا البارنكيمي المرتبطة بالأنسجة الوعائية، وتكون جلد ثانوية في خلايا الاندودرمس، بالإضافة الى تكشف الاكسودرمس Exodermis. ونظرا لعدم حدوث نمو ثانوى فان قشرة الجذر تستديم ولايتكون بریدرم Periderm.

والنسيجان الواقيان السطحيان هما البشرة والاكسودرمس، واذا تمزقت البشرة بقيت الاكسودرمس كطبقة سطحية بدلا من البشرة.

الجذور ذات النمو الثانوى

تتميز الأسطوانة الوعائية Vascular cylinder في الجذور بأن حزم الخشب الابتدائي Primary xylem تتبادل في وضعها مع غيرها من حزم اللحاء الابتدائي Primary Phloem وهما متساويان في العدد. ولاحتوى الأسطوانة الوعائية في أول الأمر على كامبيوم وعائي Vascular Cambium أو كامبيوم فلينى Phellogen فهما يتكونان مع بداية النمو الثانوى. في الجذور الحديثة، وتوجد عادة طبقتان أو أكثر من خلايا بارنكيمي تفصل حزم الخشب واللحاء بعضها عن بعض، ويحيط بها من الخارج الطبقة المحيطة.

وعند بداية النمو الثانوى، ينشأ الكامبيوم الوعائي في المناطق المتبقية بعد تكشف الأنسجة الوعائية الابتدائية، وهذه تقع بين الخشب واللحاء الابتدائيين وعلى الحافات الداخلية لحزم اللحاء. يبدأ تكوين هذا الكامبيوم في صورة أشربة خماسية قصيرة منفصلة في الخلايا البارنكيمي الملاصقة للجانب الداخلى من اللحاء (شكل ٩٢). عدد هذه الأشربة الكامبيومية Cambial strips يكون مساويا لعدد حزم اللحاء. بعد هذه المرحلة يمتد تكشف الكامبيوم الوعائي الى الخارج على جانبي كل حزمة خشب ابتدائي وبمحاذاتها في الخلايا البارنكيمي حتى يصل الى خلايا الطبقة المحيطة التي تقع على الحافات الخارجية لحزم الخشب الابتدائي، أى خارج الخشب الأول Protoxylem. وتستأنف خلايا الطبقة المحيطة قدراتها المرستيمية وينشأ بها طبقة كامبيوم وعائي، تمتد جانبيا حتى تتحد مع بقية شرائط الكامبيوم كما تلتحم الأخيرة جانبيا مع بعض. وتبعا لذلك، تتكون أسطوانة متصلة من الكامبيوم الوعائي تبدو في أول الأمر متعرجة أو مفصصة Lobed في القطاع العرضى حيث تتبع حزم الخشب الابتدائي وتنحن الى الداخل مقابل اللحاء الابتدائي. هذه الأسطوانة نشأت جزئيا من الخلايا البارنكيمي وجزئيا من الطبقة المحيطة. وتوجد حزم اللحاء الى الخارج بينها حزم الخشب الى الداخل. تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائي فيتكون عن مشتقاتها الخلوية خشب ثانوى الى الداخل ولحاء ثانوى الى الخارج. ثم تأخذ أسطوانة الكامبيوم، بعد ذلك، شكلا



(شكل ٩٢): النمو الثانوي المعادي في جلد نبات من ذوات الفلقتين.

- أ - قطاع عرض في جلد يوضح أنسجته الابتدائية. لاحظ حلقة الكامبيوم الوعائي المتمرجة تحيط بالخشب الابتدائي
- ب - بداية النمو الثانوي
- ج - النمو الثانوي في مرحلة متقدمة وتحطم الأنسجة الخارجية
- د - جلد ذي ثلاث حلقات من الخشب، اللحاء الثانوي يوجد خارج الكامبيوم الوعائي.

منتظما نتيجة للنشاط المبكر لأجزائها التي تكونت أولا على الحافات الداخلية لحزم اللحاء بالنسبة للأجزاء الأخرى المقابلة لحزم الخشب الأول أو قريبا منه.

ويستمر انقسام خلايا الكامبيوم الوعائي محيطيا فتعطي خشب ثانوي بكميات كبيرة إلى الداخل، ولحاء ثانوي إلى الخارج. بعد فترة من النمو الثانوي تتكون أسطوانة

عريضة من الخشب الثانوى وأخرى ضيقة من اللحاء الثانوى بينهما أسطوانة رقيقة من الكامبيوم الوعائى .

وترجع زيادة الخشب الثانوى عن اللحاء الثانوى الى أن المشتقات الخلوية التي تنتج من بداءات الكامبيوم الوعائى الى الداخل تنقسم بضعة مرات قبل أن تصبح من مكونات الخشب الثانوى .

بتكوين الأنسجة الوعائية الثانوية، يدفع الخشب الابتدائى تدريجيا الى وسط الجذر محاطا بالخشب الثانوى، بينما عناصر اللحاء الابتدائى اما ان تحطم وتختص، أو يبقى بعضها متحولاً الى ألياف . وقد تتسع عناصر الخشب التالى قليلا وتتضج بعد ابتداء النمو الثانوى .

ولاعطى أسطوانة الكامبيوم في جميع أجزائها خشبا ولحاء ثانويان، فالبدائيات الناعمة عن تكشف خلايا الطبقة المحيطة مقابل أذرع الخشب الابتدائى، تنشط كخلايا أشعة فينتج عنها أشعة وعائية Vascular rays واسعة تسمى الأشعة النخاعية Medullary rays تمتد خارجيا خلال الخشب الثانوى واللحاء الثانوى . وتتركب الأشعة النخاعية من بضعة صفوف Multiseriate من خلايا بارنيكيمي تمتد قطريا على استقامة حزم الخشب الابتدائى، ويكون عددها عمائلا لعدد حزمه . وتقوم بدائيات شعاعية أخرى بتكوين أشعة ضيقة، أقل اتساعا من الأشعة النخاعية تمتد قطريا داخل الخشب واللحاء الثانويان تسمى الأشعة الوعائية الثانوية Secondary vascular rays. باستمرار النمو الثانوى، يحدث ضغط داخل على الأنسجة الخارجية للجذر بما فيها الاندودرمس والقشرة والبشرة .

ويتكون الريدرم Periderm الأول في الجذور نتيجة لنشاط للكامبيوم الفلينى Phellogen الذي ينشأ عادة خارجيا في خلايا الطبقة المحيطة غير المشتركة في تكوين الكامبيوم الوعائى . ويقوم الكامبيوم الفلينى بتكوين فلين الى الخارج، وقد يتكون عنه قشرة ثانوية Phelloderm الى الداخل . بعد تكوين الفلين تموت الأنسجة الخارجية، والاندودرمس والقشرة والبشرة، وتتسلخ، ويصبح الجذر مغطى بطبقة ناعمة من الفلين تنتشر عليها العدديات كبقع مستطيلة .

في بعض الأنواع الخشبية، يؤدى استمرار النمو الثانوى الى تكوين رايتيدوم Rhytidome نتيجة للتكوين المستمر للريدرم الجديد في طبقات أعمق فأعمق حتى تصل الى بارنيكيا اللحاء الثانوى . والأنسجة الميتة للرايتيدوم في الجذور تكون ضئيلة نظرا للتحلل السريع لهذه الأنسجة في التربة الرطبة .

في بعض النباتات، مثل الداتورا Datura ينشأ الكامبيوم الفلينى سطحيا في طبقة

القشرة التي تلي البشرة، وبذلك تبقى القشرة والاندودرمس في الجذر. وفي نباتات أخرى، كما في جنس العسول *Salicornea* ينشأ البريدرم في طبقة أكثر عمقا في القشرة. ويختلف مقدار الأنسجة الثانوية باختلاف النبات بدرجة تظهر فروقا واضحة بينها. قد يكون الخشب الثانوي ضئيلا بينما اللحاء الثانوي متسعا، كما قد تكون القشرة الثانوية واسعة وتخزن النشا. وقد تكون الأشعة الوعائية النخاعية واسعة بدرجة ملحوظة أو ضئيلة.

في النباتات الخشبية، تتكون أنسجة وعائية ثانوية في كل فصل نمو، ويكون مقدار الخشب الثانوي أكبر بضع مرات من اللحاء الثانوي. ويظهر الخشب الثانوي في صورة حلقات سنوية *Annual rings* في القطاعات العرضية للجذر. وتخلل النمو الثانوي، يزداد محيط أسطوانة الكامبيوم الوعائي نتيجة للانقسامات القطرية التي تحدث في خلاياها والانساع المماسي للخلايا الناتجة.

التحول الوعائي بين الجذر والساق

VASCULAR TRANSITION BETWEEN ROOT AND STEM

يتكون من الجذر والساق محور واحد يمتد فيه الجهاز الوعائي، ومع هذا، فإن هذا الجهاز الوعائي يختلف تركيبه في كل من الجذر والساق. فالحزم الوعائية في الساق من النوع الجانبي *Collateral bundles*. والخشب واللحاء يوجدان على نصف قطر واحد، بينما في الجذر تكون الحزم قطرية *Radial bundles* تتبادل فيه حزم الخشب الابتدائي مع اللحاء الابتدائي. والخشب الأول في الساق يكون داخليا بينما يكون خارجيا في الجذر. ومن ناحية أخرى، فإن الحزم الوعائية في الساق توجد في موقع خارجي بينما في الجذر توجد في الوسط.

ولكى يتم الاتصال الوعائي بين الجذر والساق، فلا بد من حدوث تحول في ترتيب وتنظيم الأنسجة الوعائية من طراز الجذر إلى طراز الساق. هذا التحول يسمى التحول الوعائي *Vascular transition* ويتم في منطقة من محور النبات تسمى منطقة التحول *Transition region* وهي غالبا السويقة السفلى *Hypocotyl* وقد تشمل بعض السلاميات القاعدية من الساق فوق الفلقتان كما في البازلاء *Pisum sativum*. وبذلك يكون جزء من الساق عتريا على حزم تكوم مقلوبة جزئيا. وقد توجد هذه المنطقة في الجزء القاعدي من السويقة أو في منتصفها أو في جزئها العلوي. وتكون منطقة التحول الوعائي قصيرة تتراوح بين أقل من ملليمتر إلى بضعة ملليمترات، وفي حالات نادرة، قد يصل طولها إلى بضعة سنتيمترات. ومنطقة التحول العليا توجد عادة في السويقة السفلى الطويلة بينما

السفلى توجد في السويقة القصيرة. وفي الأجنة المختزلة، كما في الأوركيد Orchid وبعض النباتات المتطفلة Parasitic plants لا تكون السويقة الجنينية السفلى واضحة. وفي بعض الأنواع، تشترك السويقة السفلى مع جزء من الساق والجذر، في تكوين عضو تخزين للغذاء كما في بنجر السكر Beta vulgaris والجذر Daucus Carota. وفي بعض النباتات تكون السويقة السفلى أقل قطرا من الجذر، وقد تكون قصيرة جدا للدرجة لا يمكن تمييزها. وقد يمكن مشاهدة منطقة التحول من الخارج بوجود انخفاض أو تغير في السمك.

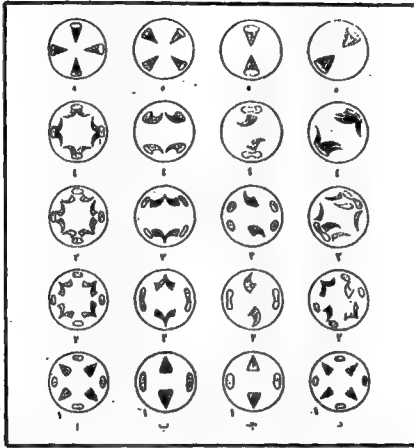
يتوقف نظام التحول من الجذر الى الساق على تركيب محور الجذر من حيث كونه ثنائي أو عديد الحزم، وفي الساق حيث تكون الحزم الوعائية جانبية أو ذات جانبيين. كما يتوقف أيضا على نوع الألياف إذا كان أرضيا أو هوائيا. ومهما كان نظام التحول الوعائي فإن النقطة الهامة تتركز في إعادة توجيه الأنسجة الوعائية الابتدائية حتى يتحقق استمرار الاتصال الوعائي بين الجذر والساق. أما الأنسجة الأخرى، وهى البشرة والقشرة، فإنها تتصل ببعضها اتصالا مباشرا.

وعند التحول من الجذر الى الساق، تحدث زيادة ملحوظة في سمك الأسطوانة الوعائية مصحوبة بتضاعف في الأنسجة الوعائية، وإنشقاق والتفاف والتحام في الأشرطة الوعائية. وهذه التحولات تحدث طبقا لنظم محددة يكون كل منها ثابتا بالنسبة لنوع النبات (شكل ٩٣).

وتوجد أربعة نظم معروفة للتحول الوعائي:

(١) النظام الأول: في هذا النظام تنشق كل حزمة خشب في الجذر قطريا الى نصفين. يلتف الجزءان الناتجان عن كل حزمة خشب أثناء مرورهما الى أعلى أحدهما الى اليمين والآخر الى اليسار. ثم يتم تغيير موضعهما في النهاية على زاوية مقدارها ١٨٠ وفي هذه الحالة يصبح اتجاه الخشب الأول الى الداخل والتالى الى الخارج. ويتصل كل نصف بالسطح الداخل لحزمة اللحم القريبة منه التي لم تغير موضعها أو اتجاهها، فتمر من الجذر الى الساق دون أى تغير. في هذا النوع يكون عدد الحزم الوعائية في الساق مساويا لعدد حزم اللحم في الجذر. ويحدث هذا النوع من التحول الوعائي في أجناس مشط الراعى Dipsacus وشب الليل Mirabilis وفيوماريا Fumaria.

(٢) النظام الثانى: يحدث هذا النظام في عدد من النباتات مثل القرع Cucurbita والفاصوليا Phaseolus وأبو خنجر Tropaeolum والاسفندان Acer. وفي هذا



(شكل ٩٣): رسوم تخطيطية تبين بعض نظم التحول من التركيب الوعائي للجذر إلى التركيب الوعائي للساق خلال المنطقة التي يحدث بها هذا التحول. لاحظ أن الجذر إلى أسفل والساق إلى أعلى، وبينها خطوات التحول في المستويات المختلفة. الخشب يخطط واللحاء منقطع.

النظام تنشق حزم كل من الخشب واللحاء ويصبح عدد الحزم الوعائية في الساق مساويا لضعف عدد حزم اللحاء أو الخشب. وهذا النظام أكثر شيوعا من النظام الأول، ويتميز بانشقاق حزم كل من الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي قطريا. ثم تباعد الأنصاف عند مرورها لأعلى كما في النظام الأول، وتنحرف جانبيا وينقلب وضعها بحيث تتلاقى أنصاف الخشب مع أنصاف اللحاء على هيئة أزواج دون أن يحدث أي تغير في اتجاه اللحاء.

(٣). النظام الثالث: في هذا النظام لا تنشق حزم الخشب بل تستمر في طريقها من الجذر إلى الساق مع التفافها ١٨٠ درجة، وحزم اللحاء هي التي تنقسم قطريا، وتتجه الأنصاف الناتجة عن اللحاء ناحية حزم الخشب ويتقابل كل نصف مع نصف آخر ويلتحمان بحزمة خشب من الخارج. في هذا النظام يكون عدد الحزم

النتاجية في الساق مساويا لعدد حزم اللحاء في الجذر كما هو الحال في النظام الأول. ويوجد هذا النظام في أجناس البرسيم الحجازي Medicago والبازلاء Lathyrus والنخيل Phoenix.

(٤) النظام الرابع: في هذا النظام تنقسم نصف حزم الخشب فقط وتلتحم مع الحزم غير المتقسمة. وحزم اللحاء لا تنقسم، ويكون في الساق عدد الحزم مساويا لنصف عدد حزم الجذر من الخشب أو اللحاء.

ويتميز هذا النظام بأن نصفى حزمة الخشب يلتقيان أثناء حركتهما جانبا ويتغير اتجاههما ويتصلان بحزمة خشب لم تنقسم وذلك بعد أن يتغير اتجاههما ليصبح الخشب الأول داخل Endarch. وحزم اللحاء لا تنقسم وانما تتحد كل حزمتين معا، ثم تلتحمان بحزمة خشب من الخارج، وبذلك تتركب الحزمة الوعائية الجانبية من خمسة أجزاء، اثنان منها لحاء وثلاثة خشب. وهذا النوع نادر الحدوث.

في الحالات التي يوجد فيها لحاء داخل في الساق، تنشق أجزاء من حزم اللحاء في الجذر عند المستوى الذي يبدأ فيه التحول. وهذه الأجزاء تمر تدريجيا للدخل حتى تستقر على الجزء الداخلى من حزم الخشب الجديدة وبذلك تتكون حزما وعائية ذات جانبيين.

ومنطقة التحول الوعائي قد تحدث تدريجيا أو فجائيا، وقد توجد فوق الجذر عند قاعدة السويقة تحت الفلقية Hypocotyl أو في الجزء العلوى منها. وتبعاً لذلك، فإن السويقة تحت الفلقية قد يكون تركيبها مثل الساق أو الجذر خلال معظم امتدادها، أو تنحصر في الجزء العلوى للسويقة تحت الفلقية وجزء من الفلقتين. كثيرا ما كانت منطقة التحول مصاحبة لمنطقة منشا وخروج الحزم الوعائية الخاصة بالفلقات. ونادرا، تمتد منطقة التحول الى العقدة الأولى حتى الرابعة فوق الفلقات، وتبعاً لذلك فإن جزءا من الساق توجد به حزما وعائية مقبولة جزئيا.

ولقد بنيت هذه الأنظمة أساسيا على دراسة محور البادرة التي نضجت فيها الأنسجة الوعائية الابتدائية، وهي عبارة عن وحدة Unit تلتف ويتغير اتجاهها وتنقلب أثناء نموها الى أعلا خلال السويقة تحت الفلقية في اتجاه السويقة فوق الفلقية Epicotyl.

الفصل الخامس عشر

التركيب الداخلي للساق

INTERNAL STRUCTURE OF STEM

- التركيب الابتدائي لساق ذوات الفلقتين
- العمود الوعائي
- مسار الورقة
- مسار الفرع
- الشفرة الورقية والشفرة الفرعية
- التركيب الوعائي الشاذ للسيقان الابتدائية في مظلة البلور
- التركيب الابتدائي لساق الفرع
- التركيب الداخلي للساق في ذوات الفلقة الواحدة
- تركيب ساق نبات القمح
- تركيب ساق نبات كشم الأظ
- النمو الثانوي العادي في ذوات الفلقتين
- النمو الثانوي للسيقان الحشبية ذوات الفلقتين
- النمو الثانوي للسيقان العشبية ذوات الفلقتين

- النمو الثانوي الشاذ في ذوات الفلقتين
- النمو الثانوي في سيقان ذوات الفلقة الواحدة
- القلين الطبقي
- الثام الجروح
- الكامييوم والكالوس في التطعيم
- حلقات النمو
- المسام
- الخشب الرخو والصمغي
- القلف

الفصل الخامس عشر

التركيب الداخلى للساق

INTERNAL STRUCTURE OF STEM

من الصفات الظاهرية للساق الابتدائية أنها تتميز الى سلاميات Internodes وعقد Nodes وهى مناطق اتصال الأوراق بالساق. ويختلف ترتيب الأوراق على الساق وعددها عند العقد باختلاف نوع النبات. فقد توجد ورقة واحدة أو أكثر عند كل عقدة من عقد الساق.

وتتركب الساق الابتدائية من ثلاثة أجهزة نسيجية هى جهاز البشرة Dermal tissue system والجهاز النسيجي الأساسى Ground tissue والجهاز الوعائى Vascular tissue. system وتنحصر التنوعات التركيبية بين السيقان في التوزيع النسي للأنسجة الوعائية والأساسية.

ويظهر الجهاز الوعائى في الساق في القطاعات العرضية للسلاميات اما في صورة حلقة من خشب ولحاء، أو حلقة من حزم وعائية متقاربة أو متباعدة، أو كحزم وعائية مبعثرة. إذا كان الجهاز الوعائى في صورة أسطوانة جوفاء فانه يكون واقعا بين القشرة والنخاع وهما من النسيج الأساسى، أما اذا كان في صورة أشرطة وعائية تعرف بالحزم الوعائية Vascular bundles فان هذه الحزم يفصلها عن بعضها البعض مناطق ضيقة أو واسعة من النسيج الأساسى البارنكىمى تسمى الأشعة النخاعية Medullary Rays. أما إذا كان الجهاز الوعائى في صورة حزم وعائية مبعثرة داخل محيط الساق، فانه يكون متعلدا تمديد كل من القشرة والنخاع.

وتوجد انحرافات أخرى فيما بين النباتات وبعضها البعض تختلف فيما بينها في تميز كل من القشرة والنخاع والجهاز الوعائى. فمثلا، في سيقان بعض ذوات الفلقتين المشبية

مثل كثير من نباتات العائلة القرعية Cucurbitaceae والباذنجانية Solanaceae وبعض ذوات الفلقة الواحدة مثل القمح Triticum spp. والشوفان Avena توجد الحزم الوعائية مرتبة في حلقتين. وفي بعض النباتات مثل البيجونيا Begonia والرواند Rheum والحماض Rumex توجد حزم وعائية مبعثرة في النخاع تسمى الحزم النخاعية Medullary bundles. وأحيانا، توجد الحزم الوعائية في القشرة تسمى الحزم القشرية Cortical bundles. وقد تتكشف أشربة صغيرة من عناصر وعائية في النسيج الأساسي مثل الأنابيب الغربالية التي توجد في المنطقة التي تقع بين الحزم الوعائية والبشرة في العائلة القرعية Cucurbitaceae.

التركيب الابتدائي لساق ذوات الفلقتين

PRIMARY STRUCTURE OF DICOTYLEDONOUS STEM

المستسيم القمي Apical meristem تتكون عنه المرستيمات الابتدائية التي يتكشف عن خلاياها المشتقة جسم النبات الابتدائي. وليس من الممكن اختيار نبات ما يعتبر ساقه نموذجا لتركيب السيقان الابتدائية ذات الفلقتين، حيث يوجد تنوع كبير في تركيبها. ومع هذا، فهناك صفات تركيبية شائعة في سيقان هذه النباتات. والتركيب الداخلي للساق الابتدائية للنباتات ذوات الفلقتين تتضمن ثلاث مناطق هي البشرة والقشرة والأسطوانة الوعائية.

١ - البشرة

Epidermis

هي الغطاء الخارجي للساق فيما عدا فتحات الثغور، وتتركب من صف واحد من خلايا بارنكيمية Parenchyma مستطيلة نوعا في اتجاه المحور الطولي للساق. وتغطي البشرة من الخارج طبقة أدمة Cuticle. وتحتوي البشرة على ثغور يختلف مدى توزيعها من نبات الى آخر. في بعض النباتات تنمو من بعض خلايا البشرة زوائد يختلف تركيبها ووظيفتها من نبات الى آخر. ولا توجد بلاستيدات خضراء الا في الخلايا الحارسة للثغور وفي خلايا بشرة النباتات المائية ونباتات الظل. وتحتوي خلايا البشرة على بلاستيدات عديمة اللون.

وخلايا البشرة حية، بالغة، تتميز بقدرتها على الانقسام القطري والنمو في الاتجاه المسامي، وبذلك يزداد محيط البشرة فتستطيع مسايرة النمو في الانسجة الداخلية للساق. وقد يتكون الكاسبيوم الفليني Phellogen في خلايا البشرة كما في أجناس الورد Rosa والصمغصاف Salix والدفلة Nerium. وتنشأ البشرة في الساق من الطبقة الخارجية لتونيكا Tunica وهي نسيج ابتدائي.

٢ - القشرة

Cortex

تنشأ القشرة من الكوربوس Corpus تبعاً لنظرية الغلاف والبدن Tunica - corpus وهي عبارة عن الجزء الخارجى من النسيج الأساسى الذي تحيط به البشرة وتمتد حتى حدود الأسطوانة الوعائية . ويبلغ سمك القشرة عدة طبقات من الخلايا يختلف عددها تبعاً لنوع النبات، وهي أقل من سمك القشرة في الجذر وأقل ثباتاً منها . وتتألف القشرة أساساً من خلايا بارنكيميائية، غير أنه في كثير من السيقان، يتركب جزء القشرة الخارجى من خلايا كولنكيمية تحتوى عادة على بلاستيدات خضراء، وتترتب الخلايا في هيئة أسطوانة كاملة من بضعة صفوف، وكثيراً توجد كاشرطة منفصلة في أركان السيقان المضلعة والحواف البارزة.

والجزء الأكبر الداخلى من القشرة يتألف من خلايا بارنكيميائية تحتوى عادة على بلاستيدات خضراء. جدر هذه الخلايا رفيعة بينها مسافات بينية واضحة. قد تحتوى الخلايا البارنكيميائية على حبيبات نشأ أو بلورات من أكسالات الكالسيوم أو الدباغ. وقد يوجد بالقشرة تمهايف زيتية أو قنوات راتنجية أو خلايا مخاطية، أو تراكيب حليب نباتى في النباتات المنتجة لهذا النوع من المواد المفردة.

وتحديد القشرة في الساق من الأسطوانة الوعائية يعتبر أمراً صعباً أو متعذراً إذا كانت الطبقة الداخلية من القشرة غير متميزة بصفات تركيبية خاصة. فمثلاً، في كثير من النباتات الحديثة من ذوات الفلقتين مثل الفاصوليا Phaseolus والكتان Linum توجد طبقة تحتوى خلاياها على كميات وفيرة من حبيبات النشا بدرجة تزيد كثيراً عما يجاورها من خلايا القشرة، ولذلك تسمى الغلاف النشوى Starch sheath. وقد يتركب الغلاف النشوى، أحياناً، من أكثر من طبقة خلوية، وقد يكون كاملاً أو متقطعاً.

وفي عدد من النباتات ذوات الفلقتين، تتميز الطبقة الداخلية من القشرة بصفات تركيبية في جدر خلاياها. أهم هذه الصفات تتركز في ترسيب شريط من مادتي السوبرين واللجنين على الجدر القطرية والعرضية والذي يسمى شريط كاسبى Caspa-rian strip كما هو الحال في خلايا الاندودرمس في الجذر. في بعض أنواع النباتات، تصبح جميع جدر الخلايا مسورة. هذه الطبقة تعرف بالحنم الاندودرمس Endodermis. يوجد الاندودرمس في كثير من سيقان النباتات العشبية وفي النباتات المائية والريزومات. ولا يوجد الاندودرمس في السيقان الخشبية. ولهذا يعتبر الاندودرمس في الساق، ان وجد، مكوناً من طبقة أو أكثر تقع بين المنطقة الوعائية والقشرة، وتتميز خلاياها بصفات تركيبية مميزة.

Pericycle

٣ - الطبقة المحيطة

في بعض النباتات ذات الفلقتين مثل القرع *Cucurbita* والبلارجونيوم *Pelargonium* وبعض نباتات العائلة القرنفلية *Caryophyllaceae* توجد أسطوانة كاملة من بضعة صفوف من الألياف تقع خارج الأسطوانة الوعائية. قد تتكون هذه الأسطوانة من الاسكلريدات كما في الفلوكس *Phloex* والكاسيا *Cassia*. هذه العناصر الميكانيكية التي تقع فيما بين الحدود الداخلة للقشرة والجزء الخارجي من اللحاء الابتدائي تسمى الطبقة المحيطة *Pericycle*. بالإضافة الى الأسطوانة الكاملة من الألياف او الاسكلريدات، فان الطبقة المحيطة قد توجد في هيئة أسطوانة كاملة أو متقطعة من ألياف مختلفة مع اسكلريدات، أو في هيئة أسطوانة متقطعة من الألياف. قد توجد أى من هذه الطرز في النوع الواحد لاسيما في السيقان مختلفة العمر. هذه الألياف قد تنشأ من نفس المرستيم الذي نشأ منه اللحاء كما في البلارجونيوم أو من نسيج خارج اللحاء الى الداخل من الفللاف النشوى كما في القرع وأرستولوكيا *Aristolochia*. في أرستولوكيا توجد ألياف البريسكيل في صورة أسطوانة كاملة قد يتكون من هذه الألياف مجاميع منعزلة خارج لحاء كل حزمة وعائية كما في الكتان *Linum*.

وفي معظم النباتات ذات الفلقتين تكون الطبقة المحيطة غير موجودة كما هو الحال في الاندودرمس، ولا توجد غالبا طبقة فاصلة للقشرة عن الأنسجة الوعائية. وفي كثير من النباتات، وجد أن اللحاء الأول *Protophloem* يتكشف بجوار الطبقة الداخلية من القشرة، وبذلك لامتوجد طبقة تفصل القشرة عن الأنسجة الوعائية. والعناصر الخربالية في اللحاء الأول لاتلبث أن تظمس وتندثر بينما العناصر المتبقية تتكشف الى ألياف. ولهذا، تتركب الحدود الخارجية للانسجة الوعائية من ألياف هي جزء من اللحاء.

Vascular Tissue

٤ - النسيج الوعائي

النسيج الوعائي في الساق يمثل جزءا رئيسيا من الجهاز الوعائي الابتدائي للنبات. ويتكشف النسيج الوعائي الابتدائي من الكامبيوم الأول *Procambium* كأحد مشتقات المرستيم القمى. يأخذ الكامبيوم الأول الصورة التي تحدد شكل النسيج الوعائي الذي يتكشف عنه. وفي بعض النباتات، يوجد الكامبيوم الأول في صورة أسطوانة مصهته، وفي أخرى كأسطوانة جوفاء، وفي غيرها على صورة حزم أو أشربة مقاربة أو متباعدة. وينشأ الكامبيوم الأول قريبا من قاعدة المرستيم القمى للساق. يحدث تكشف العناصر الوعائية الابتدائية في الساق في الاتجاه العرضي، الخشب

الابتدائي الى الداخل من الكامبيوم الأول بينما اللحاء الابتدائي الى الخارج. في الخشب الابتدائي، يتكشف الخشب الأول Protoxylem داخليا Endarch أى يبدأ من الداخل نحو الخارج، أما اللحاء الأول Protophloem فان تكشفه يكون خارجا أى يبدأ من الخارج ويتجه نحو الداخل. وفي سيقان النباتات ذات الفلقتين، لا تتكشف خلايا الكامبيوم الأول جميعها الى لحاء وخشب، بل يتبقى جزء وسطى يسمى الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium. وينضج الخشب الأول واللحاء الأول قبل أن يستكمل الساق نموه، كما أن نضج العناصر الوعائية الأولى في شريط الكامبيوم الأول أو الأسطوانة قد يحدث بينما يكون البروكامبيوم في مرحلة الانقسام النشط، أو قد تحدث بعد أن يكون الكامبيوم الأول قد استكمل معظم انقساماته واستكمل الشكل الذي يوجد عليه النسيج الوعائى.

طبقا للصور التي يوجد عليها الكامبيوم الأول والذي ينشأ منه النسيج الوعائى الابتدائي في الساق، فان هذا الأخير قد يوجد في صورة أسطوانة من أشرطة منفصلة ترتكب أساسا من أنسجة وعائية ابتدائية تمتد طوليا في الساق كل منها يسمى حزمه وعائية جانبية Collateral vascular bundle تنفصل عن بعضها بمناطق من خلايا بارنكيميية. وكثير من ذوات الفلقتين العشبية ترتكب حزمها من أنسجة معظمها ابتدائية.

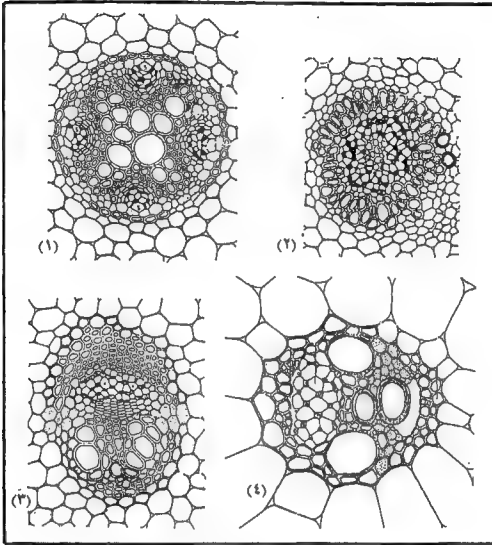
وفي بعض النباتات تبدو هذه الأسطوانة كاملة لاقترب الحزم الوعائية من بعضها البعض. وفي معظم السيقان ذات الفلقتين ترتب الأنسجة الوعائية في صورة أسطوانة كاملة من الخشب يحيط بها أسطوانة أخرى من اللحاء.

ويتنوع ترتيب النسيج الوعائى الابتدائي، الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي، في الحزم الوعائية في سيقان النباتات مغطاة البذور.

ولقد أدى ذلك التنوع الى وجود أنواع مختلفة من الحزم الوعائية في مغطاة البذور (شكل ٩٤) منها:

١ - الحزم الوعائية الجانبية المفتوحة
Open Collateral Bundles
وهي أكثر أنواع الحزم الوعائية شيوعا في سيقان النباتات ذات الفلقتين. تتألف الحزمة من لحاء ابتدائي خارجي وخشب بجانبه الى الداخل على نصف قطر واحد، ويعتمد بينها طبقة متبقية عن الكامبيوم الأول تسمى الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium.

٢ - الحزم الوعائية المفتوحة ذات الجانبين
Open Bicollateral Bundles
هذه الحزم ليست شائعة في مغطاة البذور، وفيها يوجد لحاء خارجي ابتدائي على



(شكل ٩٤): مقاطع عرضية في حزم وعائية متنوعة التركيب.

- ١ - حزمة وعائية قطرية في الجذر
- ٢ - حزمة وعائية مركزية اللحاء
- ٣ - حزمة وعائية جانبية مفتوحة
- ٤ - حزمة وعائية جانبية مغلقة

الجانب الخارجي للخشب، وآخر على الجانب الداخلي للخشب الابتدائي يسمى اللحاء الداخلي Internal phloem تميزا له عن اللحاء الخارجي العادي. الكامبيوم الحيزي يوجد بين اللحاء الخارجي والخشب. ويوجد هذا النوع في بعض العائلات النباتية مثل القرعية Cucurbitaceae والعلاقية Convolvulaceae. في بعض الأحيان،

ينشأ عن اللحاء الداخلي أشرطة منفصلة في الجزء الخارجي من النخاع، وبالتالي لا يستخدم مصطلح ذات الجانبين في هذه الحالة ولا يرتبط هذا اللحاء بالخشب أو اللحاء الخارجي ارتباطاً وثيقاً.

وتحتوي كثير من الحزم الجانبية على ألياف خارج اللحاء الابتدائي على شكل غطاء Bundle cap يفصل الحزمة عن القشرة في الساق وهي ألياف ناتجة عن اللحاء الأول، كما في الكتان Linum وتباع الشمس Helianthus. وتسمى هذه الألياف أحياناً، ألياف الطبقة المحيطة Pericyclic Fibers. وفي حالات قليلة من النباتات العشبية ذوات الفلقتين Herbaceous dicotyledons لا تحتفظ الحزمة الوعائية بالكايوم الأول بعد أن تنضج الأنسجة الوعائية الابتدائية، وبذلك تفقد الحزمة قدرتها على استمرار النمو، كما في شقائق النعمان Ranunculus.

٣ - الحزم الوعائية المركزية
Concentric Vascular Bundles
في هذه الحزم يكون أحد النسيجين الوعائيين محيطة بالآخر. وتصنف هذه الحزم إلى نوعين:

أ - مركزية اللحاء أو محيطية الخشب
Amphivasal Bundles
وفيها يكون اللحاء في الوسط يحيط به الخشب. هذه الحزم نادرة، وتوجد في الحزم الوعائية النخاعية Medullary Bundles في سيقان بعض النباتات ذات الفلقتين كما في البيجونيا Begonia والخماض Rumex.

ب - مركزية الخشب أو محيطية اللحاء
Amphicribal Bundles
وهذه الحزم نادرة، الخشب يكون مركزياً يحيط به اللحاء. وتكون الحزم الصغيرة في الأزهار والبويضات، كثيراً مركزية الخشب. وفي القطاعات العرضية، قد تكون الحزم المركزية دائرية أو بيضاوية الشكل، أو مقوسة أو مفصصة.

ويتألف الخشب الابتدائي من أوعية Vessels وقصبيات Tracheids وبارنكيا خشب Wood parenchyma وألياف. ولللحاء الابتدائي في الحزمة الوعائية، يتألف من أنابيب غربالية Sieve tubes وخلايا مرافقة Companion cells وخلايا بارنكيميا هي بارنكيا اللحاء Phloem Parenchyma بالإضافة إلى الألياف Fibers.

وقد يختلف تركيب الحزمة الوعائية في الأجزاء المختلفة من امتدادها، ولقد وجدت أشكالاً انتقالية بين الحزم الجانبية Collateral bundles ومركزية اللحاء. وفي نوع متميز من الحزم الوعائية يظهر الخشب الابتدائي في القطع العرضي على شكل حرف V

ويوجد اللحاء بين الذراعين كما في شقائق النعمان *Ranunculus*.

Medulla or Pith

٤ - النخاع

يشغل النخاع الجزء الأوسط من الساق ويمثل الجزء الداخلي من النسيج الأساسي في سيقان النباتات ذات الفلقتين التي تكون الحزم الوعائية فيها موجودة على هيئة حزم مرتبة في حلقة وسط الساق. ويتربك النخاع بصفة أساسية، من خلايا بارنكيمية خالية من البلاستيدات الخضراء، ذات جدار رقيق، توجد بينها مسافات بينية واضحة. أحيانا تصبح جدر هذه الخلايا ملجننة كما في جنس *Lobelia*. وقد توجد تجمعات من اسكلريدات متناثرة في النخاع. كثيرا تحتوي بارنكيا النخاع على حبيبات نشا مخزونة وبلاستيدات غير ملونة، وقد يوجد بها مواد مخاطية أو دباغ أو بللورات من أكسالات الكالسيوم. وقد توجد تراكيب حليب نباتي وخلايا افرازية في النخاع.

الجزء الخارجي من النخاع قد يكون مميزا عن الداخل حيث تكون خلاياه أصغر حجما، وجدرها أكثر سمكا وأكثر تلاصقا. هذا الجزء يسمى الغلاف النخاعي *Medul-lary Sheath* وقد تكون خلاياه بارنكيمية كما في عائلة البنجر (المرامية) *Chenopodiaceae* أو يكون اسكلرنكيمي كما في العائلة الخيمية *Apiaceae* والمركبة *As-teraceae* وفي بعض العائلات مثل العلاقية *Convolvulaceae* والسوسية *Euphor-biaceae* يحتوي غلاف النخاع على تجمعات صغيرة من أنابيب غربالية موزعة على مسافات غير منتظمة من بعضها البعض. وقد يحتوي النخاع، في جزئه الوسطى، على حزم وعائية تسمى الحزم النخاعية *Medullary bundles* كما في العائلة الفلفلية *Piperaceae* والشبكية *Ranunculaceae*. وهذه الحزم تكون عادة مركزية اللحاء *Am-phivasal* كما في ساق نبات البيجونيا *Begonia* والحماض *Rumex*.

ويمتد قطريا، بين النخاع والقشرة، أشربة عريضة أو ضيقة من خلايا بارنكيمية تقع بين الحزم الوعائية تسمى الأشعة النخاعية *Medullary rays*. وفي كثير من النباتات العشبية، مثل الفول *Vicia* والكتان *Linum* والقرع *Cucurbita* تنحطم خلايا النخاع وتتشظى خلال نمو النبات، وتصبح الساق مجوفة فيما عدا مناطق العقد.

STELE

العمود الوعائي

العمود الوعائي أو الأسطوانة الوعائية *Vascular Cylinder* هو المنطقة التي تشغل الجزء الأوسط من الساق وتضم الأنسجة الوعائية والأشعة النخاعية *Pith rays* والنخاع *Pith* إن وجد، والثغرات الورقية *Leaf gaps* وبعض النسيج الأساسي الموجود حول الأنسجة الوعائية من الخارج والذي يعرف بالطبقة المحيطة *Pericycle* أن وجدت.

ونظرا للاختلافات التركيبية في الجهاز الوعائي الابتدائي، فقد عرفت بضعة أنواع من الأعمدة الوعائية (شكل ٩٥) منها:

(١) العمود الوعائي الأولي Protostele

وهو أبسط أنواع الأعمدة الوعائية، ويعتبر النوع البدائي الذي اشتقت منه الأنواع الأخرى أثناء مراحل التطور في النباتات الوعائية Vascular plants. هذا العمود عبارة عن أسطوانة من الجهاز الوعائي المصمت الذي لا يوجد بوسطة نخاع. وفي أبسط أنواع العمود الأولي يشغل الخشب الجزء الأوسط من العمود محيط به اللحاء. ويتميز الجزء الوعائي في القطاع العرضي بأنه دائري الشكل أو مفصص أو نجمي. الخشب بسيط التركيب، ومتجانس. ويوجد العمود الوعائي الأولي في النباتات الوعائية الأولية مثل جنس ليكوبوديوم Lycopodium حيث يترب الخشب من قصيبات Tracheids فقط وبعض النباتات السرخسية Pteridophytes وبعض مغطاة البذور المائية. والعمود الوعائي الأولي يعتبر نموذجا للأسطوانة الوعائية لجذور كثير من مغطاة البذور الحالية من النخاع.

(٢) العمود الوعائي النخاعي Siphonostele

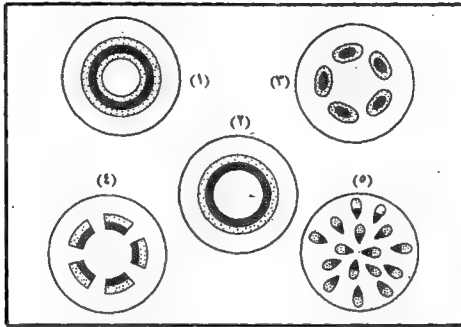
يختلف هذا النوع عن العمود الأولي في وجود نخاع في الوسط، وهو مشتق من العمود الأولي ويعتبر أرقى تطوراً منه، وهو عادة مستدير في القطاع العرضي، وتتميز به النباتات السيكادية Cycads وكثير من السراخس Ferns وهذه النباتات تنتمي إلى مجموعة النباتات التريديدية Pteridophyta من النباتات الوعائية Tracheophyta.

يوجد نوعان من العمود الوعائي النخاعي الأنبوبي أحدهما خارجي اللحاء حيث يوجد اللحاء خارج الخشب فقط Ectophloic siphonostele أي العمود النخاعي خارجي اللحاء، تتميز به سوق عاريات البذور Gymnospermae.

النوع الثاني يوجد فيه اللحاء خارج الخشب وإلى الداخل منه ويسمى Amphiphloic siphonostele أي محيطي اللحاء كما في معظم السراخس وبعض مغطاة البذور لاسيما العشبية.

وعندما يتشقق العمود الوعائي النخاعي تتكون مجموعة من الأشرطة الوعائية توجد بينها أشرطة من خلايا بارنكيمية كل منها عبارة عن حزمة وعائية مركزية الخشب، عرف هذا العمود باسم العمود النخاعي الشبكي Dictyostele كما في كزبرة البشر Adiantum.

ويوجد محور آخر في العمود النخاعي الشبكي يعرف بالعمود الوعائي الحقيقي Eus-tele ويوجد هذا النوع في عاريات البذور Gymnospermae ومغطاة البذور من ذات



(شكل ٩٥): رسوم توضيحية للأعمدة الوعائية النخاعية المختلفة.

- (١) عمود وعائي نخاعي مزدوج اللحاء لحاء خارجي وآخر داخلي
 - (٢) عمود وعائي نخاعي خارجي اللحاء.
 - (٣) عمود وعائي نخاعي من حزم وعائية مركزية الخشب.
 - (٤) عمود وعائي من حزم جانبية مغلقة
 - (٥) عمود وعائي من حزم جانبية مبعثرة
- لاحظ أن الخشب من خطوط متقاطعة بينا اللحاء منقط.

الفلقتين - Dicotyledons . في هذا النوع يتركب الجهاز الوعائي من حزم جانبية أو ذات جانبيين، وفيه تكون المناطق بين الحزم الوعائية Interfascicular regions غير محددة من بعضها البعض. وأكثر صور هذا النوع تعقيدا، ذلك الذي يحتوي على حزم وعائية مبعثرة كما في سيقان ذوات الفلقة الواحدة، ويعرف بالعمود الوعائي غير المنتظم Atac-tosteles.

LEAF TRACE

مسار الورقة

تعتبر الساق الابتدائية إلى الورقة، عند كل عقدة، حزمة وعائية أو أكثر تمثل امتدادات من الأسطوانة الوعائية للساق. تحتفظ هذه والحزم باستقلالها خلال امتدادها بين الأسطوانة الوعائية للساق وقاعدة الورقة. الحزمة الوعائية في الساق التي تمتد بين الأسطوانة الوعائية وقاعدة الورقة تسمى مسار الورقة Leaf trace.

يمتد مسار الورقة في نسيج القشرة بالساق بين قاعدة الورقة عند العقدة والمنطقة التي يندمج عندها مع جزء من الأسطوانة الوعائية للساق. ويتعذر تحديد موضع خروج مسار الورقة بدقة كافية نظر لأنه يمثل امتدادا من النسيج الوعائي الابتدائي للساق. ويمتد مسار الورقة كحزمة وعائية مستقلة خلال سلامة واحدة أو أكثر ابتداء من منطقة اتصال المسار بالأسطوانة الوعائية للساق حتى منطقة انحنائه إلى الورقة. وقد تلتحم الحزم الوعائية معا أو تتفرع خلال مسارها في نسيج القشرة في الساق وبذلك يتغير عدد الحزم الداخلة في الورقة. ويبدأ الجزء الوعائي للورقة عند قاعدتها ويمتد إلى النصل، وقد يحدث التحام أو تفرع للحزم الوعائية في قاعدة الورقة أو عنقها.

ويتراوح عدد المسارات الورقية بين واحد وثلاثة أو خمسة وقد يزيد عن ذلك تبعا لنوع النبات في مغطاة البذور، وأكثرها شيوعا ثلاث كما في العائلة الوردية Rosaceae والمركبة Asteraceae. وتتميز العائلة الشفوية Lamiaceae والغارية Lauraceae بأن لنباتاتها مسار ورقة واحد.

يعتبر عدد المسارات ثابتا بالنسبة للنوع الواحد، وكثيرا يكون كذلك في العائلة. لا يرتبط عدد المسارات الورقية بحجم ونوع الورقة أو فترة حياتها. فمثلا، نبات لسان العصفور Fraxinus وهو من النباتات ذات الأوراق الكبيرة، يوجد للورقة مسار وعائي واحد بينما في الجوز Juglans الورقة لها ثلاثة مسارات. وقنابات الصفصاف Salix صغيرة وسريعة التساقط لها ثلاثة مسارات، وفي العائلة الخيمية Apiaceae توجد للورقة بضعة مسارات. والحزم الخاصة بالأذينات عبارة عن فروع من الحزم الواصلة للأوراق.

BRANCH TRACE

مسار الفرع

تتكون فروع الساق عن براعم أبطية تنشأ في آباط الأوراق عند العقد. ويوجد اتصال وعائي لهذه الأفرع بساق النبات الرئيسية. جزء النسيج الوعائي الابتدائي الذي يوجد ممتدا بين قاعدة الفرع والأسطوانة الوعائية في الساق يسمى مسار الفرع. عادة، يوجد مساران وعائيان لكل فرع في ذوات الفلقتين يصلان النسيج الوعائي في الفرع بالأسطوانة الوعائية في الساق. بعض النباتات يكون لأفرعها مسار واحد، وغيرها أكثر من مسارين، وكما هو الحال بالنسبة لمسار الورقة، فإن مسار الفرع يكون ممتدا داخل الساق ويندمج مع الجهاز الوعائي الابتدائي، وبذلك تصبح أجزاء النبات مرتبطة ببعضها البعض عن طريق الجهاز الوعائي الابتدائي.

الثغرة الورقية والثغرة الفرعية LEAF AND BRANCH GAPS

عند انحناء مسار الورقة إلى الخارج في منطقة العقدة، تتكشف فوق مستوى خروج

المسار مباشرة منطقة محدودة من خلايا بارنكيمي بدلا من النسيج الوعائي تعرف باسم ثغرة الورقة Leaf gap. في هذه المنطقة تصبح القشرة عندها متصلة بالنخاع. ولاتسبب هذه الثغرات أى اختلال في استمرار الجهاز الوعائي في المحور حيث تحدث الاتصالات بين الأنسجة الوعائية أعلى وأسفل الثغرات. وتظهر الثغرة الورقية كم منطقة بين حزمة واسعة نوعا في القطع العرضي إذا كان في مستواها في الساق.

في حالة مسار الفرع Branch trace تسمى الثغرة فرعية Branch gap وتوجد في الجهاز الوعائي للمحور الأصل أعلى ثغرة الورقة في نفس العقدة. وأحيانا، قد يواجه مسار الورقة ومسار الفرع ثغرة واحدة في الجهاز الوعائي للمحور. وتوجد ثغرات الفروع في النباتات الوعائية التي لها نخاع.

تختلف الثغرات الورقية كثيرا من حيث اتساعها، وليس هناك علاقة بين حجم الثغرة الورقية وحجم الورقة، وهي في مظلة البذور تكون عادة صغيرة وممتدة الى مسافة قصيرة. وثغرة الفرع تكون عادة أكبر من الثغرة الورقية.

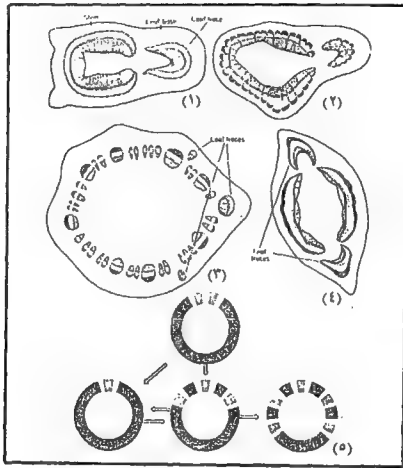
وتستخدم مصطلحات خاصة توضح أشكال العقدة في سيقان النباتات ذات الفلقتين تبعا لعدد الثغرات والمسارات (شكل ٩٦). يتضح ذلك مما يأتي:

- (١) عقدة وحيدة الثغرة والمسار الورقي One-trace unilacunar node
- (٢) عقدة وحيدة الثغرة ذات مسارين ورقيين Two-trace unilacunar node
- (٣) عقدة بها ثلاث ثغرات وثلاثة مسارات ورقية حيث يوجد مسار وسطي واثنان جانبيان. Three-trace trilacunar node
- (٤) عقدة عديدة الثغرات والمسارات الورقية Many-trace multilacunar node

وفي كثير من النباتات ذات الفلقة الواحدة، تكون الورقة ذات غمد مغلف أو قاعدة، والعقد فيها تكون عديدة المسارات الورقية التي تكون منفصلة عن بعضها ومرتبطة حول محيط الساق.

وتختلف الثغرات الورقية من حيث اتساعها وارتفاعها، بالإضافة الى عدم ارتباط حجم الورقة بحجم الثغرة الورقية.

والجهاز الوعائي للأذنين ينتج عن المسارات الورقية الجانبية بعد أن تترك العمود الوعائي. وفي حالة اتصال الأذنين بعنق الورقة، فإن ومساراتها تخرج من مسارات الورقة بعد دخولها عنق الورقة. ومسارات الأذنين، فيما عدا الأذنين الورقية، عبارة عن حزم وعائية صغيرة، والحشب فيها قليل العناصر الوعائية، واللحاء بسيط قد يتركب من خلايا بارنكيمي.



(شكل ٩٦): أشكال توضيحية للعلاقة بين الجهاز الوعائي للورقة والساق. (١-٤) مقاطع عرضية في عقدة ساق حليث

- (١) الكافور - عقدة وحيدة الثمرة ووحيدة المسار الورقي، (٢) نبات الغار، عقدة وحيدة الثمرة ووحيدة المسار الوعائي، (٣) عقدة ثلاثية الثمرات ذات ثلاثة مسارات ورقية في نبات الأراولا.
- (٤) عقدة وحيدة الثمرة. أوراق متقابلة كل منها وحيد المسار الوعائي في نبات القرنفل.
- (٥) أشكال توضيحية للطرق الممكنة لتطور تكوين الجهاز الوعائي في ذوات الفلقتين.

التركيب الوعائي الشاذ للسيقان الابتدائية في مغطاة البذور

ANOMALOUS VASCULAR STRUCTURE OF PRIMARY STEMS IN ANGIOSPERMS

يختلف التركيب الوعائي في سيقان بعض النباتات مغطاة البذور عن التركيب العادي، ولهذا يعتبر شاذاً. ومن أمثلة هذه الحالات:

- ١ - في نبات الجهنمية *Bougainvillea* والأنيمون *Anemone* تكون الحزم الوعائية

- مبعثرة في النسيج الاساسى كما في ذوات الفلقة الواحدة.
- ٢ - وجود حزم نخاعية مبعثرة في النخاع، بالإضافة الى أسطوانة الحزم الوعائية العادية كما في العائلة الفلفلية Piperaceae وهي غالبا حزم محيطية الخشب -Am. phivasal bundles
- ٣ - نبات ياسمين الليل Nyctanthes الساق فيه مربعة، توجد حزم قشرية Cortical bundles في كل من أركان الساق، تكون معكوسة الوضع، الخشب فيها خارجى بينما اللحاء داخلى. وفي نبات فلفل كارولينا Calycanthus توجد حزم قشرية عادية.

تركيب ساق نبات القرع STRUCTURE OF SQUASH STEM

الساق الخشبية في نبات القرع خماسية الأضلاع يظهر فيها خمسة بروزات ومثلها تجاوبف، وهي جوفاء عند النضج. بشرة الساق وحيدة الصف Uniseriate تكسو خلاياها من الخارج طبقة أدمة Cuticle رقيقة ناعمة. تحتوى البشرة على ثغور عددها حوالى ٢٠ ثغرا في المليمتر المربع. توجد ثلاثة أنواع من الشعور تنمو من البشرة، شعور وحيدة الخلية حادة القمة، قصيرة العنق وطويلة العنق، عديدة الخلايا، غدية.

والقشرة Cortex عديدة الطبقات، تتميز فيها ثلاث مناطق هي:

أ - يوجد الى الداخل من البشرة، طبقة من خلايا كولنكيمية Collenchyma يبلغ سمكها بضعة صفوف (٢ - ٣) وهي أكثر ماتكون تكونا بداخل البروزات وتتركب من ٥-٧ صفوف، تقطعها مجموعات من خلايا كلورنكيمية على مسافات منتظمة فتصبح بذلك متقطعة. وهذه الطبقة تدعم الساق الرهيفة. أما الجزء الأوسط من القشرة فيكون ضيقا نسبيا ويتركب من ثلاثة الى أربعة صفوف من خلايا بارنكيمية بينها مسافات بينية ضيقة. هذه الخلايا تحتوى على بلاستيدات، ولهذا فهي خلايا كلورنكيمية -Chlorenchyma ولذا تبدو ساق القرع خضراء اللون، وقد تمتد هذه الخلايا حتى البشرة في مناطق التجاويف اذا لم يوجد بها خلايا كولنكيمية. وتبطن الكلورنكيا حلقة من الألياف سمكها خمسة صفوف أو أكثر. وتمثل هذه الألياف الطبقة المحيطة Pericycle.

والحزم الوعائية Vascular bundles عددها عشرة عادة، تنتظم في حلقتين؛ الخارجية وتشمل خمس حزم صغيرة موزعة في أركان الساق، أما الكبيرة فتشمل الحزم الخمس الأخرى وتوجد في الحلقة الداخلية متبادلة مع الصغيرة وإلى الداخل من التجاويف. وأحيانا، قد توجد حزم وعائية أخرى صغيرة متناثرة في النسيج البارنكىمى الأساسى. والحزم الصغيرة الخمسة هي المسارات الوعائية للورقة Leaf traces.

الحزم الوعائية في ساق القرع من النوع ذى الجانبين المفتوح-Open bicollateral bun-
dles والخشب الأول فيها داخل Endarch.

والحزمة ذات الحائتين أحدهما خارجى والآخر داخلى. تتميز الحزم الكبيرة بوجود كامبيوم حزمى Fascicular cambium بين اللحاء الخارجى الابتدائى والخشب الداخلى الابتدائى. اللحاء يوجد في صورة شريط على كل من جانبي الحزمة الوعائية. يتركب اللحاء من أنابيب غربالية ذات صفائح غربالية وخلايا مرافقة وبارنكيا لحاء. وتوجد أشرطة من اللحاء مبعثرة في بارنكيا الطبقة المحيطة والنخاع. والخشب الابتدائى يتركب من وعائين متسعين يمثلان الخشب التالى Metaxylem الجدر فيها منقرة Pitted. الخشب الأول الى الداخل فيما بين وعائى الخشب التالى. وأوعية الخشب الأول خصيفة ذات جدر ثانوية شبكية أو حلزونية.

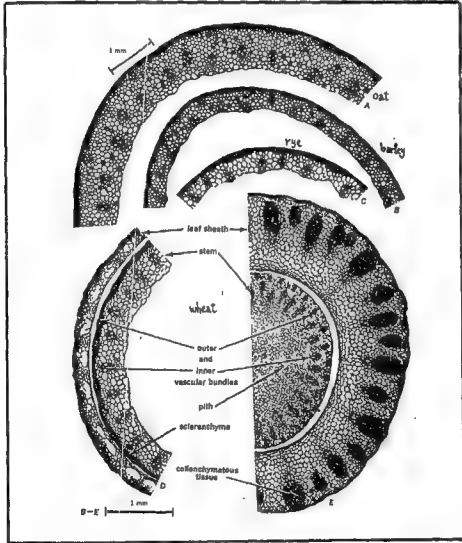
والنسيج الأساسى Ground tissue أو النخاع Pith يوجد في الجزء الأوسط من الساق، وتوجد الحزم الوعائية مطمورة في جزئه الخارجى الى الداخل من الطبقة المحيطة. في المنطقة الوسطى من النخاع توجد فجوة وسطية تعرف باسم فجوة النخاع. Pith cavity.

التركيب الداخلى للساق في النباتات ذوات الفلقة الواحدة

الاختلافات الرئيسية بين تركيب السيقان الابتدائية في النباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين يتركز في تركيب الحزم الوعائية وطريقة توزيعها في النسيج الأناسى.

فالحزم الوعائية في السيقان ذات الفلقة الواحدة تكون عادة من النوع الجانبى المغلق Closed collateral bundle فلا يوجد كامبيوم بين اللحاء والخشب. وبارنكيا اللحاء غير موجودة. ويحتوى نسيج الخشب على عدد قليل من الأوعية مرتبة في شكل حرف Y أو V حيث يمثل الخشب التالى ذراعى الحرف المذكور ويتألف من وعائين كبيرين بينهما عدد من القصبيات والتي تختلط ببعض الألياف. والخشب الأول يتركب من وعائين ضيقين نسبيا تغليظهما حلقي أو حلزوني. وكثيرا تتمزق أوعية الخشب الأول كلها أو بعضها، تاركة مكانها فجوة تسمى فجوة الخشب الأول Protoxylem lacuna. تحاط هذه الفجوة بمجموعة من خلايا بارنكيميّة، وأحيانا تبقى فيها بقايا الأوعية الممزقة. وتوجد خلايا بارنكيميّة على جانبي الخشب الأول وبجوار الخشب التالى. وتحاط الحزمة الوعائية في سيقان ذوات الفلقة الواحدة بغلاف من طبقة أو طبقتين من الألياف. وفي حالات أخرى، كما في كشك ألماظ Asparagus لا يوجد هذا الغلاف الليفى.

في سيقان نبات القمح *Triticum* sp. والشعير *Hordeum* والأرز *Oryza* تكون الحزم الجانبية المقفولة منفصلة عن بعضها ومرتبطة في صورة أسطوانتين (شكل ٩٧). والجزء الخارجى من الساق يتميز به أسطوانة من الألياف ذات أذرع ممتدة حتى البشرة. وهذه الأذرع الليفية تحصر فيها بينها مناطق من خلايا كلورنكيمية على هيئة أشرطة متوازية تمتد بطول السلامة، وتقع تحت مناطق البشرة التي تكثر فيها الثغور. ويتميز هذه الأسطوانة الليفية باحتوائها على عدد من حزم وعائية جانبية مغلقة صغيرة الحجم. توجد البارنكيم الأساسية الى الداخل من الأسطوانة الليفية، وتوزع فيها حزما وعائية كبيرة متباعدة عن بعضها ومرتبطة في صورة حلقة.



(شكل ٩٧): قطاعات عرضية في سيقان النجيليات توضح تركيبها الداخلي.

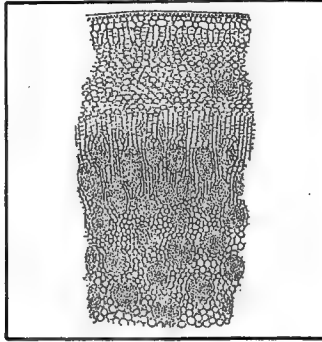
كما تتميز سيقان بعض النباتات ذات الفلقة الواحدة مثل الدراسينا *Dracaena* بوجود حزم ثانوية مركزية للحاء *Amphivasal bundles* (شكل ٩٩). وفي حالات قليلة، كما في الموز *Musa* يوجد وعاء وسط الساق يكون أكثر تميزاً من الأوعية الأخرى بينها في نبات السفندر تكون الأوعية كلها متشابهة. وفي كثير من سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة، تحطم خلايا الجزء الأوسط من النسيج الأساسي وتصبح الساق مجوفة النخاع *Pith cavity*.

والبشرة عبارة عن طبقة من صف واحد من الخلايا بها ثغور، كما قد توجد شعور نامية من خلاياها. والنسيج الأساسي *Ground tissue* يمتد من داخل البشرة الى مركز الساق. الطبقات الخارجية من النسيج الأساسي عبارة عن الياف تدعم الساق العشبية ذات الفلقة الواحدة. وفي معظم سيقان الفلقة الواحدة لا يمكن تمييز مناطق القشرة أو الأندودرمس أو البرسيكل. ومع هذا، ففي بعض ذوات الفلقة الواحدة مثل كشك ألاما *Asparagus* (شكل ١٠٠) يمكن تمييز كل من الأندودرمس والبرسيكل وكذلك القشرة. وفي كثير من ذوات الفلقة الواحدة، توجد حزم وعائية في النسيج الأساسي بوسط الساق، وبذلك يكون النخاع غير موجود. ولاتتميز أشعة نخاعية في النسيج الأساسي للساق ذات الفلقة الواحدة. أما السويقة فوق الفلقة في بادرة كشك ألاما فتكون واضحة ومتميزة عن غيرها من غالبية ذوات الفلقة الواحدة.

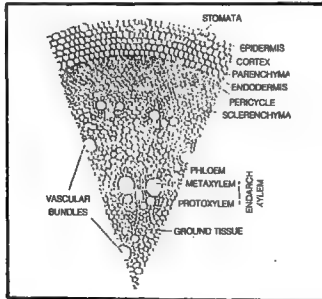
تركيب ساق نبات القمح STRUCTURE OF WHEAT STEM

نبات القمح *Triticum spp.* ينتمي الى العائلة النجيلية *Poaceae* ساقه جوفاء على طول امتداد السلاميات بينها تكون مصمتة عند العقد. تتميز في الساق خمسة أنواع من أنسجة أساسية هي:

- البشرة *Epidermis* وتتألف من صف واحد من الخلايا، تتميز بها خلايا طويلة ضيقة وأخرى قصيرة متائلة الأقطار. الخلايا الطويلة ترتب في صفوف طولية يفصلها عن بعضها الخلايا القصيرة. توجد طبقة أدمة تكسو الجذر الخارجية لخلايا البشرة. والثغور توجد مرتبة في صف أو صفين، في بعض الأصناف تنمو شعور خشنة من بعض خلايا البشرة.
- النسيج الميكانيكي ويتركب من خلايا اسكلرنكيمية متطولة ذات جدر سميكة وفجوة ضيقة، يتكون منها طبقة كاملة مختلفة السمك الى الداخل من البشرة ذات أذرع ممتدة حتى البشرة تحصر فيها بينها مناطق من خلايا كلورنكيمية على هيئة أشرطة تمتد بطول السلامة.



(شكل ٩٩): جزء من قطاع عرضي في ساق نبات الدراسينا يوضح النمو الثانوي. لاحظ الحزم الوعائية الابتدائية والثانوية مركزية اللحاء.



(شكل ١٠٠): جزء من قطاع عرضي في ساق نبات الاسبرجس.

لاحظ وجود الانودرمس والبريسكيل والحزم الجانبية المغلفة.
والنسيج الميكانيكي والكلورنكيا والنسيج الاساسي البارنكيمي والحزم الوعائية.

والثغور تقع في مناطق الكورنكيا. قد تلتحم منطقتين من الخلايا الكلورنكيمية في منطقة واحدة عريضة. مناطق الكلورنكيا تكون عريضة عند قمة السلامة وتضيق تدريجياً تجاه القاعدة حتى تختفى كلياً بجوار العقدة. البارنكيا الأساسية تمتد من أسطوانة الألياف حتى الفجوة الوسطية. وتتركب من خلايا رقيقة الجدر، متطولة في اتجاه محور الساق، المجاورة للنسيج الميكانيكي تكون أكثر طولاً من الداخلية. قد تصبح جدر هذه الخلايا ملجننة في السلايمات القاعدية.

- النسيج السعائى: وهو في السلايمات عبارة عن حزم وعائية مقفولة تكون مرتبة في حلقتين. الحلقة الخارجية تتركب من حزم صغيرة مطمورة في الأسطوانة الليفية الخارجية في مقابل الأذرع الليفية الممتدة حتى البشرة (شكل ٩٧).

- الخشب الأول Protoxylem داخل Endarch يتركب من وعاء أو اثنين يكون التغليظ الثانوى فيهما حلقياً أو حلزونياً. والخشب التالى Metaxylem يتألف من وعائين كبيرين تغليظهما منقر Pitted بينهما عدد من القصبيات. واللحاء يتركب من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة. تتميز في منطقة الخشب الأول مسافة بينية واسعة تسمى فجوة الخشب الأول Protoxylem lacuna. والحلقة الداخلية تضم حزماً وعائية كبيرة مطمورة في النسيج البارنكيمي الأساسى، كل منها يكون محاطاً بغلاف من الألياف. والغلاف الليفى للحزم الصغيرة يكون غير متميز من الألياف المحيطة لأسطوانة الألياف.

تركيب ساق نبات كشك الماظ

STRUCTURE OF ASPARAGUS STEM

نبات كشك الماظ من ذوات الفلقة الواحدة ينتمى الى العائلة الزنبقية Liliaceae. يتميز في القطاع العرضى للساق ثلاث مناطق هى البشرة والقشرة والحزم الوعائية مطمورة في النسيج الأساسى (شكل ١٠٠).

والبشرة Epidermis صف واحد من خلايا حية جدرها الخارجية مغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين، تنتشر بينها الثغور.

والقشرة Cortex تقع الى الداخل من البشرة، خلاياها بارنكيمية بها بلاستيدات خضراء وتتركب من بضع طبقات. وتوجد مسافات بينية بين خلايا القشرة. والاندودرمس Endodermis هى الطبقة الداخلية من القشرة وتفصلها عن بقية النسيج الأساسى.

والطبقات الخارجية من النسيج الأساسى الملاصقة للاندودرمس عبارة عن ألياف

يمكن اعتبارها الطبقة المحيطة Pericycle. ويتركب النسيج الأساسي من خلايا بارنكيمي بينها مسافات بينية، وتوجد الحزم الوعائية مطمورة في النسيج الأساسي. والحزم الوعائية Vascular bundles عديدة ومبعثرة في النسيج الأساسي، وهي جانبية مقفلة لا تحاط بغلاف حزمى Bundle sheath. لا يوجد نخاع متميز كما لا توجد أشعة وعائية.

وفي هذا النبات توجد قشرة متميزة يحددها من الداخل الاندودرمس والطبقة المحيطة كما أن الحزم الوعائية تحاط بغلاف حزمى من الألياف.

النمو الثانوى العادى في ذوات الفلقتين

NORMAL SECONDARY GROWTH

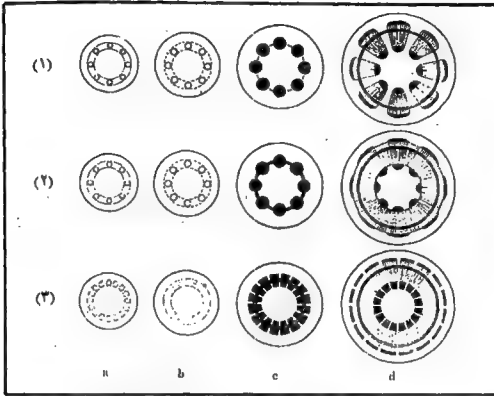
يحدث النمو الثانوى عادة في سيقان مغطاة البذور ذات الفلقتين الخشبية، وبكميات متفاوتة في بعض العشبية. ولا يحدث نمو ثانوى في معظم ذوات الفلقة الواحدة. يتضمن النمو الثانوى تكوين أنسجة وعائية ثانوية شاملة خشب ثانوى Secondary xylem ولحاء ثانوى Secondary phloem وتكوين نسيج واق يدعى البريدرم Periderm. والأنسجة الوعائية الثانوية تتكشف عن الكامبيوم الفلينى Phellogen. أما الكامبيوم الوعائى في ذوات الفلقتين فيوجد في صورة أسطوانة من خلايا انشائية تتألف من الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium داخل الحزم الوعائية ومن الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium الذي ينشأ في النسيج البارنكيمى الموجود بين الحزم الوعائية. الكامبيوم الفلينى، قد ينشأ من خلايا البشرة، كما في بلوط الفلين Quercus suber والتفاح Malus Sylvestris والورد Rosa sp. وقد ينشأ من الطبقة الثانية أو الثالثة من القشرة كما في شجرة الجراد Robinia أو في اللحاء الثانوى كما في العنب Vitis.

ورغم أن الأنسجة الوعائية الثانوية التي تتكون في الساق تشابه بصفة أساسية مع نظيرتها في الجذر، فإنها يختلفان في نواحي معينة منها:

- ١ - أوعية الخشب في الجذر تكون أكبر عددا وأكثر اتساعا منها في الساق.
- ٢ - تقل الألياف في خشب الجذر عما في الساق.
- ٣ - زيادة نسبة الخلايا البارنكيمي الى الخلايا غير الحية في الأنسجة الوعائية الثانوية في الجذر عن مثيلتها في الساق.

وعادة في ذوات الفلقتين، توجد ثلاثة نماذج للنمو الثانوى العادى يمكن أن تحدث فيها (شكل ١٠١) هي:

- ١ - يوجد الكامبيوم الوعائى أساسا في صورة أسطوانة كاملة يتبع عن نشاط خلاياها



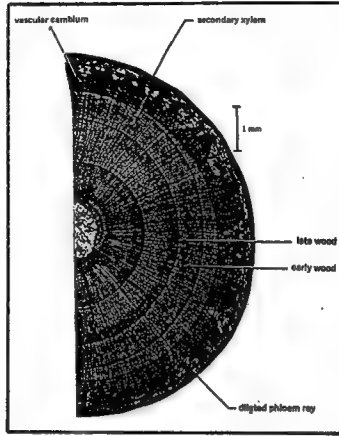
(شكل ١٠١): يبين طرز النمو الثانوي العادي في سيقان ذوات الفلقتين.

- ١ - طراز أرسطولوغيا. ٢ - طراز المحروع. ٣ - طراز الزيزفون.

تكوين لحاء ثانوى الى الخارج وخشب ثانوى الى الداخل . ويوجد هذا النموذج في جميع ذوات الفلقتين الخشبية مثل الزيزفون *Tilia* (شكل ١٠٢) .

٢ - تتحول بعض الخلايا البارنكيمية المكونة للأشعة النخاعية Medullary rays الى خلايا مرستيمية في صورة أشرطة عماسية تدعى الكامبيوم بين الحزمى - *Interfas-cicular cambium* وبذلك تتكون أسطوانة كاملة من الكامبيوم. الوعائى تتكون عنها أسطوانة كاملة من الأنسجة الوعائية الثانوية، اللحاء والخشب الثانويان . هذا النموذج شائع في بعض النباتات الخشبية مثل الكمثرى *Pyrus communis* والصنوبر *Salix*.

٣ - النموذج الثالث يشبه الثانى من ناحية تكوين أسطوانة الكامبيوم الوعائى . والحزم الوعائى تظل منفصلة . والكامبيوم الحزمى يتكون عنه أنسجة وعائى ثانوية، أما الكامبيوم بين الحزمى فيقوم بتكوين أشعة نخاعية Medullary rays بدلا من الأنسجة الوعائية كما في العنب *Vitis*.



(شكل ١٠٢): قطاع عرضي في ساق نبات الزيزفون.
لاحظ حلقات النمو الثانوي في الخشب،
والبريدرم وأشعة اللحاء الواسعة.

النمو الثانوي للسيقان الخشبية ذات الفلقتين

يؤدي النمو الثانوي الى زيادة الساق في السمك، ويعتبر المسئول عن الجزء الأكبر من جسم الأشجار، ويوفر التدعيم والوقاية. يحدث النمو الثانوي نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائي وانقسامه بجدر موازية لمحيط الساق، تتكون أسطوانة مجوفة بين الخشب واللحاء الابتدئيين.

ونتيجة لانقسام خلايا الكامبيوم الوعائي بجدر موازية لمحيط الساق، تتكون أسطوانة من عناصر اللحاء الثانوي نحو الخارج وأخرى من عناصر الخشب الثانوي نحو الداخل. ومقدار الخشب الثانوي الذي يتكون في موسم نمو يفوق كثيرا مقدار اللحاء الثانوي. وهذا يعني أن بضع طبقات متتالية من الخلايا المنشئة لعناصر الخشب تنشأ من بداءات الكامبيوم الوعائي دون أن تتكون طبقة من الخلايا المنشئة للحاء الثانوي.

وانقسام بداءات الكامبيوم الوعائي ليس فقط لتكوين خشب لحاء ثانوين، وإنما أيضا لزيادة محيط أسطوانة الكامبيوم نفسه، وذلك بالانقسام القطري، ونمو الخلايا الناتجة عن الانقسام الى الحجم الاصلى. والزيادة في عدد الأشعة الوعائية يعتبر عاملا مهما في زيادة محيط أسطوانة الكامبيوم الوعائي.

وتحدث بداية نشاط الكامبيوم الوعائي مع تمام نضج الخشب الابتدائي في الساق. في النباتات الخشبية، ويستمر نشاط الكامبيوم الوعائي سنويا، وتبعاً لذلك تتعد أسطوانته عن مركز الساق نتيجة لنشاط هذا الكامبيوم، والنباتات الخشبية ذوات الفلقتين يتغير تركيبها الابتدائي، ويستبدل أو يدعم بأنسجة ثانوية تسود في جسم النبات لتواجه احتياجاته في نقل المواد الغذائية وتدعيم وحماية أجزائه.

والخشب الثانوي يتربك من أوعية Vessels وقصبيات Tracheids وألياف Fibers وبارنكيا خشب Xylem Parenchyma وجميعها يكون محورها الطويل موازيا للمحور الطويل للساق. وتغليظ الأوعية في الخشب الثانوي يكون عادة شبكيا Reticulate أو منقر Pitted.

ومقدار الألياف يكون كبيرا في الخشب الثانوي إذا قورن بالخلايا البارنكمية. ويحتوى الخشب الثانوي على أشعة خشب Wood rays. ويتربك الشعاع من خلايا بارنكمية متطاوله قطريا تنشأ من المنشآت الخلوية لبداءات الأشعة في الكامبيوم الوعائي. تمتد الأشعة عبر الحلقات السنوية لمسافات مختلفة عمودية على محور الساق. وتشاهد أشعة الخشب في القطاعات العرضية لسيقان الأشجار ذوات الفلقتين على شكل خطوط دقيقة متوازية فاتحة اللون. وتوزع الأشعة توزيعا منتظما في النسيج الوعائي.

يوجد لأشعة الخشب أبعاد ثلاثة هي الطول والعرض والارتفاع. يقاس طول الشعاع بالمسافة الواقعة بين أسطوانة الكامبيوم الوعائي وطرف الشعاع. وتختلف أطوال الأشعة من شعاع الى آخر نتيجة لتوقف بعضها عن النمو بعد فترة تكوينه، ولتكوين أشعة جديدة كلما ازداد الساق في السمك. ويمثل عرض الشعاع مقدار امتداده الأفقى، وقد يكون الشعاع بعرض صف واحد من الخلايا أو صفين أو أكثر. ارتفاع الشعاع عبارة عن امتداده الرأسى ويتراوح بين خلية واحدة وعدة خلايا، وقد يتباين وارتفاع الشعاع وعرضه في نوع النبات الواحد. ففي البلوط Quercus يكون الشعاع وحيد الصف أو عديد الصفوف أما في التامول Betula ولسان العصفور Fraxinus ويتراوح عرض الشعاع بين صفين وعشرة صفوف. وتقوم أشعة الخشب بوظيفة النقل القطرى للماء، وكذلك التخزين، فكثيرا تحتوى خلايا على نشا وأحيانا بلورات.

والخلايا حية تتميز عن الخلايا البارنكيمية بجدرها السميكة المجلتة.

اللحاء الثانوى نسيج معقد يتركب من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبارنكيا لحاء وألياف وجميعها ذات أصل واحد من الكامبيوم، ومرتببة في صفوف قطرية. الأنابيب الغربالية تكون كثيرة وجدرها سميكة نوعا. كما يوجد باللحاء خلية أشعة وعائية. وتمثل بارنكيا اللحاء جزءا كبيرا في بعض النباتات، وكثيرا تحتوى على دياغم ونشا أو توجد بها تراكيب حليب نباتى كما في مطاط هيغيا Hevea أو بلورات من أكسالات الكالسيوم. أحيانا يحتوى اللحاء على اسكلريدات Sclereids تكون مختلطة مع الألياف، وقد تكون هى النوع الوحيد من الخلايا الاسكلرنكيمية باللحاء الثانوى كما في الزان Fagus. ويمتد في نسيج اللحاء أيضا أشعة لحاء Phloem rays تتفاوت في الاتساع والارتفاع. قد يكون عرض شعاع اللحاء خلية واحدة كما في الصفصاف Salix وأحيانا يكون خليتين أو ثلاث كما في التفاح Malus أو عديد الخلايا كما في شجرة الجراد Robinia.

وتتصل أشعة الخشب بأشعة اللحاء عبر الكامبيوم الوعائى، وينشا كل منها من الكامبيوم الوعائى، ويطلق عليها معا مصطلح الأشعة الوعائية Vascular rays. ويتيح انتشار أشعة الخشب الصلبة بينها وبين العناصر الناقلة للماء في نسيج الخشب.

ونتيجة لاستمرار النمو الثانوى في الساق تتميزق البشرة والجزء الخارجى من القشرة في معظم النباتات ذات الفلقتين ويؤدى ذلك الى تكوين بيريدرم Periderm من الكامبيوم الفلينى. وقد تبقى البشرة والقشرة عدة سنوات ويزداد محيطها نتيجة للانقسامات القطرية في الخلايا والاتساع المماسى. وقد يتكون الكامبيوم الفلينى سطحيا من خلايا البشرة كما في جنس الصفصاف Salix والدفلة Nerium أو من احدى الطبقات الخارجية للقشرة كما في شجرة الجراد Robinia والخور Populus. وقد يتكون البيريدرم عميقا في بارنكيا اللحاء كما في العنب Vitis.

الأنسجة الابتدائية التي توجد خارج الفلين تنزل تدريجيا عن مصادر الغذاء والماء، ولهذا فانها تموت وتتشقق وأخيرا تسلخ تدريجيا وتساقط بسبب الرياح والمطر وضغط الأنسجة الداخلية المتزايد. والخشب الابتدائى يصبح عظاما بالخشب الثانوى والى الداخل منه يوجد النخاع في مركز الساق. وقد تبقى خلايا النخاع حية لبضع سنوات، وقد تتحطم نتيجة لضغط الأنسجة الجديدة. واللحاء الابتدائى يدفع خارجيا وتتوقف عناصره الناقلة أيضا عن العمل ثم تتحطم في النهاية وتندثر ولا يبقى للنسيج أى اثر.

النمو الثانوى للسيقان العشبية ذوات الفلقتين

يحدث النمو الثانوى في كثير من سيقان النباتات العشبية من ذوات الفلقتين مل تباع

الشمس *Helianthus* والخروع *Ricinus* والبرسيم الحجازى *Medicago*. فمثلا في ساق نبات تباع الشمس *Helianthus annuus* والخروع *Ricinus communis* توجد مناطق واضحة من خلايا بارنكيميية بين الحزم الوعائية تسمى الأشعة النخاعية *Pith rays*. وخلال عملية النمو الثانوى تتحول بعض الخلايا البارنكيميية من الأشعة النخاعية، التي على استقامة الكامبيوم الحزمى، الى مرستيم يسمى الكامبيوم بين الحزمى *Interfascicular cambium* يتصل بالكامبيوم الحزمى، وبذلك تتكون أسطوانة كاملة من الكامبيوم الوعائى *Vascular cambium* تقوم هذه الأسطوانة بتكوين خشب ثانوى *Secondary xylem* للدخول ولحاء ثانوى *Secondary phloem* الى الخارج مثلما يحدث في السيقان الخشبية. وتتميز الساق في كل من تباع الشمس والخروع بوجود ألياف لحاء ابتدائى.

في ساق البرسيم الحجازى *Medicago sativa* تكون الحزم الوعائية متباعدة عن بعضها بمناطق من خلايا بارنكيميية. ويحدث مقدار من النمو الثانوى عند قاعدة الساق، غير أن الكامبيوم بين الحزمى ينتج خلايا معظمها للدخول تجاه الخشب تتركب أساسيا من الألياف.

النمو الثانوى في ساق نبات البيلارجونيوم *Pelargonium* يشبه ما يحدث في ساق نبات عباد الشمس والخروع. فالخزم الوعائية في البيلارجونيوم متقاربة من بعضها بدرجة كبيرة، ولهذا يتعلم تمييز المناطق بين الحزمية. وخلال النمو الثانوى تتكون أسطوانة كاملة من الأنسجة الوعائية. والمنطقة الوعائية تكون محاطة ببضعة صفوف من الألياف ناشئة عن الكامبيوم الأول معظمها مرتبطة بالأنايب الغربالية والبعض بين أشرطة اللحاء. في السيقان الأكبر سنا يتكون بریدرم في مكان البشرة ناشئا من طبقة تحت البشرة. والقشرة والنخاع خلاياهما بارنكيميية.

الحزم الوعائية في النباتات السابقة كلها من النوع الجانبي *Collateral bundles* يوجد للحاء فيها على السطح الخارجى للخشب. وفي العائلة الباذنجانية *Solanaceae* مثلا، في نبات السطاطم *Lycopersicon Esculentum* والدخسان *Nicotiana tabacum* والبطاطس *Solanum tuberosum* تكون الحزم الوعائية ذات جانبيين من اللحاء *Bicollateral bundle* وعندما يحدث النمو الثانوى فيها يكون الكامبيوم بين اللحاء الخارجى والخشب.

ANOMALOUS SECONDARY GROWTH

النمو الثانوى الشاذ

يحدث النمو الثانوى العادى في مغطة البذور نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائى *Vascular cambium* وكذلك الكامبيوم الفلبنى *Phellogen*. الكامبيوم الوعائى هو المرتبط بالنمو الثانوى في

الأسطوانة الوعائية. وفي الغالبية العظمى من النباتات ذات الفلقتين، وهي المتميزة بالنمو الثانوى في مظلة البذور، ينشأ عن الكامبيوم الوعائى أنسجة وعائية ثانوية، ولحاء ثانوى الى الخارج وخشب ثانوى للداخل.

في بعض النباتات ذات الفلقتين، يحدث في سيقانها نمو ثانوى يختلف بشكل ملحوظ عن النمو الثانوى العادى الذي يحدث في معظم ذوات الفلقتين. هذا النمو الثانوى الذي ينحرف عن النمو الثانوى العادى يسمى النمو الثانوى الشاذ. قد يوجد هذا النمو في جميع نباتات العائلة الواحدة، وقد يقتصر على أحد أجناسها أو نوع منها. ومعظم حالات النمو الثانوى الشاذ تحدث في النباتات التي تتميز بطبيعة نمو خاصة، وبصفة رئيسية المستسقات الخشبية المقرطة في نموها Lianas كالتي تنمو في المناطق الحارة. ويبدو أن التحورات التي تحدث في العمود الوعائى Stele للسيقان يبدو أنها استجابة الى احتياجات ميكانيكية لهذه السيقان. كما أن النمو الشاذ أيضا يكون مرتبطا باحتياجات فسيولوجية مثل التخزين كما في الريزومات والدرنات والكورومات. وفي هذه الأعضاء تقصر السلامةات ويزداد تكوين البارنكيا الأخرتانية بدرجة كبيرة.

Anomalous Growth in Dicotyledons

النمو الشاذ في ذوات الفلقتين

يختلف النمو الثانوى الشاذ في ذوات الفلقتين عن العادى. فهناك بضعة طرز شائعة منها مايتأتى:

١ - طراز أرسطولوخيا Aristolochia Type : جنس أرسطولوخيا ينتمى الى العائلة Aris- tolochiaceae تضم أعشابا ونباتات خشبية من ذوات الفلقتين معظمها متسلقة - Clim. bers وأهم مايميز به الساق هو أن الأشعة الابتدائية النخاعية Primary Medullary rays تكون عريضة (شكل ١٠١)، وتبعاً لذلك تكون الحزم الوعائية متباعدة. ونشاط الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium يؤدي الى زيادة اتساع الأشعة النخاعية بتكوين خلايا بارنكيمي. في أحد الأنواع المعروفة باسم Aristolochia triangularis تنحزرا الحزم الوعائية الجانبية الأصلية الى أشرطة تشبه المروحة. وفي السيقان المسنة، تشاهد أتحديد عميقة، بالإضافة الى اتساع النخاع والأشعة النخاعية.

٢ - في جنس بيجنونيا Bignonia الذي ينتمى الى العائلة البيجنونية Bignoniaceae

التي تضم كثير من النباتات المتسلقة، يوجد الكامبيوم في موضعه العادى بين الخشب واللحاء في صورة حلقة كاملة في السيقان الصغيرة.

تحتوى أسطوانة الخشب على أوعية ضيقة. يستمر الكامبيوم في نشاطه العادى فترة من الزمن، حتى إذا أخذ الخشب الثانوى ذى الأوعية الواسعة Perixial xylem في التكوين، يتشقق الخشب وتظهر فيه تجاويف Furrows فيظهر

الكامبيوم على سطوحها الجانبية. وتأخذ أجزاء صغيرة من الكامبيوم التي توجد في مواجهة بروزات الخشب تأخذ في تكوين كميات قليلة من الخشب بينما تتكون عنها كميات أكبر نسبياً من اللحاء. بازدياد كتلة اللحاء، ينزلق على امتداد السطوح الجانبية لتجاويف الخشب مكوناً أذرع تمتد في بعض المواضع قريباً من المركز.

وتكوين التجاويف يحدث وفق نظام معين. ففي بعض الأحيان، تتكون أربعة تجاويف، وفي حالات أخرى، تتكون ثمانية أو ستة عشر، أو غيرها.

٣ - أحياناً تتكون سيقان ذات أشكال غريبة لاسياً في عائلة Sapindaceae نتيجة لوجود كامبيوم في موضع غير عادي. فيتميز نبات *Thinouia scandens* بحدوث نمو ثانوي شاذ في الساق يجعلها ذات شكل غريب. في الساق الحديثة يوجد الكامبيوم الوعائي في صورة أسطوانة تبرز بعض أجزائها للخارج. عندما يبدأ النمو الثانوي تنفصل أطراف الأجزاء البارزة ويقوم كل منها بتكوين أسطوانة وعائية منفصلة.

والساق ذات الشكل الغريب قد تنشأ بطريقة أخرى في جنس *Thinouia* أيضاً حيث يستمر النمو الثانوي العادي لفترة خمس أو ست سنوات. ثم تنشأ بعد ذلك كمبيومات إضافية في بارنكيا القشرة إلى الخارج من أسطوانة الكامبيوم الأصلية، ويتكون من كل منها أسطوانة من الخشب واللحاء تحيط بنخاع منفصل. هذه الأسطوانات الإضافية تتصل ببعضها بينما لا يوجد اتصال بينها وبين الأسطوانة الأصلية. وتعرف هذه الحالة باسم كتلة الخشب المحزوم *Corded xylem mass*.

٤ - قد تحدث تغيرات أخرى في نشاط الكامبيوم ينتج عنها لحاء ثانوي على هيئة أشرطة محاطة بالخشب الثانوي تسمى اللحاء بين الخشبى *Interxylary phloem*. هذا الطراز يعرف عادة باسم طراز الجوز المقىء *Strychnos type*. في هذا الطراز تتكون مجموعات أو أشرطة لحاء بين الخشب إلى الخارج نتيجة لنشاط بداءات الكامبيوم التي لا تلبث أن يتوقف نشاطها. يتبع ذلك تكوين أجزاء من الكامبيوم خارج اللحاء بين الخشب المتكون، وينشأ عنها خشب ثانوي إلى الداخل. وأشرطة اللحاء بين الخشبى، تصبح بذلك مطبورة في كتلة الخشب، كما في الجوز المقىء *Strychnos*.

وتوجد أنواع مختلفة من السيقان غير العادية في كثير من عائلات مغطاة البلور تتكون بها تراكمات وعائية غير عادية.

٥ — **الحزم النخاعية والقشرية:** قد يرجع التركيب الشاذ الى وجود حزم نخاعية Medullary bundles وحزم قشرية Cortical bundles في السيقان. قد توجد هذه الحزم في سيقان تركيبها عادى أو مع تراكيب أخرى غير عادية. الحزم النخاعية توجد في عدد كبير من العائلات مثل الفلفلية Piperaceae والشقية Ramun-culaceae والقشرية Cucurbitaceae. والحزم القشرية أقل شيوعا من الحزم النخاعية وهى معروفة في البيجونيا Begonia والكازوارينا Casuarina والحماض Rumex. في النباتات ذات القشرة اللحمية مثل كثير من نباتات العائلة الشوكية Cactaceae حيث تختزل الأوراق وتقوم القشرة الى حد كبير بعمليات البناء الضوئى، تنفرع المسيرات الورقية Leaf tracers عند قاعدة الورقة وتتحرق فروعها أنسجة القشرة.

والحزم النخاعية توجد في منطقة النخاع Pith في الساق وهى شائعة في عائلات بنجر السكر Chenopodiaceae وعرف الديك Amaranthaceae. وأحيانا، بعض هذه الحزم يبدو كأنها تمثل حزما لمسيرات ورقية كما في الجهنمية Bougainvillea وورد الليل Mirabilis. ومع هذا، ففي أنواع أخرى من العائلات السابقة، توجد حزم نخاعية حقيقية كما في نبات المحوط Achyranthes aspera من عائلة عرف الديك حيث توجد حزمتان منفصلتان نخاعيتان تمتدان في سلامية الساق. وأحيانا أخرى كما في عائلة عرف الديك قد توجد أربع حزم نخاعية. ويرجع أن هذه الحزم قد تحركت من حلقة الحزم الخارجية الى النخاع. وفي بعض الأحيان قد تصبح الحزم النخاعية على حدود النخاع مقلوبة Inverted حيث يوجد اللحاء الى الداخل والخشب الى الخارج.

النمو الثانوى في سيقان ذوات الفلقة الواحدة

SECONDARY GROWHT IN MONOCOT STEMS

يحدث قليلا نمو ثانوى في سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة. ومع هذا، فإن بعض هذه السيقان تزداد في السمك بدرجة كبيرة وتصل الى حجم ضخمة نتيجة لنمو ابتدائي مستمر لفترة طويلة كما في أشجار النخيل. المرستيم القمى لهذه النباتات، مثل غيرها من سيقان مغطاة البذور، يوجد عند قمة الساق وينتج عنه تكوين جزء صغير من الجسم الابتدائي. الزيادة في معظم الجسم الابتدائي ترجع الى مرستيم يعرف باسم مرستيم التغليظ الابتدائي السطحي Peripheral primary thickening meristem يوجد قريبا من السطح الخارجى للساق، ويقع أسفل بدايات الأوراق. بدايات هذا المرستيم يتكشف عن مشتقاتها الخلوية صفوفًا قطرية من خلايا بارنكيمي تحترقها أشرطة

كامبيومية تتكشف فيها بعد الى حزم وعائية. والخلايا البارنكيميية يزداد حجمها وتوسع المسافات البينية فيها بينها، وبذلك تزداد الساق في القطر.

في سيقان عدد قليل من ذوات الفلقة الواحدة الخشبية من رتبة الزنبقيات *Liliiflorae* مثل الدراسينا *Dracaena* واليوكا *Yucca* والصبار *Aloe* يحدث نمو ثانوى نتيجة لتكوين كامبيوم غير عادى في نشاطه يختلف عن نظيرة في ذوات الفلقتين. هذا النمو الثانوى الذي يحدث في سيقان مثل هذه الأنواع من ذوات الفلقة الواحدة يعتبر نموا ثانويا غير عادى أو شاذا. ويبدأ نشاط هذا الكامبيوم في جزء الساق الذي تمت استطالته، وينشأ من الخلايا البارنكيميية لطبقة القشرة الداخلية خارج الحيز الذي توجد به الحزم الوعائية الابتدائية، ويكون في صورة منطقة أسطوانية استأنفت خلاياها القدرة على الانقسام المماسى.

ويقوم الكامبيوم بانتاج أسطوانة من عدة طبقات من خلايا مرستيمية، منشورية الشكل في قطاعها الطولى، ومرتبة باحكام في صفوف قطرية، ولا توجد بين خلاياها مسافات بينية. ويبدأ الكامبيوم في انتاج خلايا بكميات كبيرة أولا ناحية داخل الساق، وفيما بعد بكميات ضئيلة ناحية الخارج. الخلايا التي تكونت الى الداخل تتكشف الى حزم وعائية ثانوية وخلايا بارنكيميية، أما الخلايا التي تكشفت الى الخارج فتصبح كلها بارنكيميية.

والحزم الوعائية، بوضاوة الشكل في القطاعات العرضية، وهى غالبا جانبية مقفلة كما في اليوكا *Yucca* أو مركزية اللحاء *Amphivasal* كما في الدراسينا *Dracaena* (شكل ٩٩). هذه الحزم تكون متقاربة من بعضها وتترتب في صفوف قطرية ومطمورة في خلايا بارنكيميية ويتركب خشب الحزمة من قصبيات *Tracheids* طويلة ومقدار ضئيل من خلايا بارنكيميية ذات جدر ملجننة. مقدار اللحاء يكون ضئيلا، يتركب من أنابيب غربالية عناصرها قصيرة، وخلايا مرافقة وأخرى بارنكيميية لحاء.

وفي نبات الدراسينا، تكون الحزم الوعائية الابتدائية مركزية اللحاء، مثل الثانوية، صغيرة ومستديرة، ومبعثرة في النسيج الأساسى بدون نظام، ولهذا يمكن التمييز بين الحزم الابتدائية وضرها الثانوية التي تكون مرتبة في صفوف قطرية.

والخلايا البارنكيميية التي توجد الحزم الوعائية الثانوية مطمورة فيها تكون جدرها رفيعة أو سميقة ملجننة قوية ومرتبة في صفوف قطرية كما هو الحال أيضا بالنسبة للحزم الوعائية الثانوية. أما البارنكيميا الخارجية فإن خلاياها تبقى رفيعة الجدر، وتحتوى على بلورات، وقد تنقسم عرضيا وتصبح قصيرة، وتعرف باسم القشرة الثانوية *Secondary cortex*.

ويحتفظ الكامبيوم في سيقان ذوات الفلقة الواحدة دائما بموقعة الخارجى . وبصفة عامة ، لا يختلف التركيب الأساسى لكل من الجسم الابتدائى والثانوى عن بعضهما ، فكل منهما يتربك من نسيج أساسى تحترقه حزم وعائية مركزية . والجسم الابتدائى والجسم الثانوى مرتبطان ببعضهما ، فالخزم الثانوية تكون متصلة بامتداد المسارات الورقية السطحية .

الفلين الطبقي (المصفوف) STORIED CORK

نتيجة لحدوث النمو الثانوى في سيقان كثير من النباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل الدراسينا *Dracaena* (شكل ٩٩) واليوكا *Yucca* والكرم *Curcuma* وزنبق النخيل *Cor-dyline* يتكون نسيج حماية من الفلين عند سطح الساق دون أن تتكون طبقة من الكامبيوم الفلينى *Phellogen*. هذا النسيج الفلينى المتكون بدون كامبيوم فلينى يسمى الفلين الطبقي أو المصفوف . يختلف هذا الفلين عن فلين بريرم *Periderm* النباتات ذوات الفلقتين ، في منشأه وفي ترتيب صفوفه القطرية .

ففي نسيج البريرم ، ينشأ عن الكامبيوم الفلينى صفوف قطرية منتظمة من خلايا الفلين المتشابهة الى حد كبير . أما الفلين المصفوف ، فينشأ من خلايا بارنكيميائية للقشرة الابتدائية مرتبة في خط متقطع غير منظم ويحدث الانقسام مماسيا في مشتقات الخلية البارنكيميائية ، لتتكون سلسلة من عدد غير محدود من الخلايا ، $A-E$ خلايا ، تختلف في شكلها وفي حجمها ، لاتلبث أن تتسور جذرها متحولة الى خلايا فلين . والأشرطة أو الخزم المتكونة الفلينية تكون غير منتظمة الحدود أو الاتساع .

تتكون طبقات من هذا الفلين الطبقي أو المصفوف في مناطق تتدرج في العمق في نسيج القشرة ، غير أن حوافها لاتلتحم معا . وكلما تكون هذا الفلين داخلها ، فانه يضم خلايا غير منقسمة وغير مسورة الجدر ، وبذلك يتكون نسيج مشابه للرايتيلوم *Rhytidome* الموجود في ذوات الفلقتين . هذا الرايتيلوم المتكون الذي يضم خلايا في صورة نسيج واق معقد التركيب يفترض الى انتظام طبقات الفلين العادية في ذوات الفلقتين .

الشفاء الجروح WOUND HEALING

النمو الثانوى والنشاط الكامبيومى يشتركان دائما في عملية الشفاء الجروح . فإذا جرحت الأجزاء الطرفية مثل الأوراق والأغصان الحديثة وغيرها من الأعضاء التي لا يحدث فيها نمو ثانوى ، تقوم الخلايا الحية في منطقة الجرح بتكوين ندبة *Cicatrice* تتميز باحتوائها على مواد تحمى السطح المجروح من الجفاف والأضرار الخارجية . كما

تنشط الخلايا تحت الندبة لتكوين طبقة حماية أخرى. وتكون أيضا مثل هذه الندب في حالة الجروح السطحية التي على شكل شقوق.

وإذا حدث جرح عميق في ساق أو فرع شجرة أو نتيجة لتقليم أو إزالة فرع جانبي، فإن الخلايا البارنكيمية الملاصقة للجرح تنشط في الانقسام بسرعة مكونة كتلة من نسيج بارنكيمي طرى يسمى الكالوس Callus أو النسيج خرحى Wound tissue. ولقد ذكر أن أشعة الخشب Xylem rays أو مشتقات خلايا الكامبيوم الحديثة هي المصدر الرئيس للكالوس. ويقوم الكالوس أيضا بتكوين النسيج الذي عن طريقه يتم اتصال الكامبيوم إذا حدث فيه تمزق بسبب الجرح. ويستمر امتداد هذا النسيج إلى الداخل فوق سطح الجرح حتى يمتلئ به تجويف الجرح. ينشأ كامبيوم فلينى في الجزء الخارجى من الكالوس يؤدي إلى تكوين طبقات من الفلين على سطح الجرح. هذه الطبقات الفلينية تمنع فقدان الماء من الجرح وتحمي الأنسجة السليمة من الإصابة بالفطريات وغيرها.

ويمكن أن يتكون فلين الجروح في أى جزء من أجزاء النبات، ويختلف مدى تكوينه باختلاف النبات والعضو المجروح والأنسجة المجروحة والظروف البيئية المحيطة. ويتكون فلين الجروح بسهولة في النباتات الخشبية ذوات الفلقتين. وتعود درجة الحرارة المنخفضة وكذلك درجة الرطوبة تكوين فلين الجروح.

ويبدأ نشوء كامبيوم وعائى من خلايا الكالوس البارنكيمية كعملية مرتبطة بالنشأ الجرح. كامبيوم الكالوس يتكشف من حافات الجرح في اتجاه مركز الجرح، ويقوم بتكوين خشب ثانوى للداخل ولحاء ثانوى للخارج على امتداد نفس نسيج الخشب واللحاء في الجزء غير المجروح من الساق.

الأنسجة الثانوية المتكونة، تمتد تدريجيا إلى الداخل على السطح المجروح حتى تلتقى الحواف تماما، وبذلك يصبح الجرح مغطى تماما. والكامبيوم الوعائى يصبح في صورة طبقة كاملة على السطح المجروح. وباستمرار النمو الثانوى، تتكون حلقات سنوية من الخشب تؤدي إلى طمر السطح المجروح بعمق تدريجيا.

وتتوقف الفترة اللازمة لالتئام الجرح على حجم وشكل الجرح، بالإضافة إلى مدى نشاط الكامبيوم. فالجروح النظيفة والمنظمة تلتئم أسرع من غيرها. أما في حالة الجروح الكبيرة التي يستغرق لئامها فترة طويلة، فيطلى السطح المجروح بهادة محافظة لمنع التحلل.

الكامبيوم والكالوس في التطعيم بالعين والتطعيم بالقلم

نجاح عملية التطعيم بالعين Budding والتطعيم بالقلم Grafting يتوقف على الاتحاد

النم بين كامبيوم كل من الأصل والطعم . ويتحقق ذلك تبعاً لقابلية الكامبيوم في كل من الأصل والطعم لتكوين كالوس على سطوحهما، واتحاد الكامبيومين معاً لتكوين طبقة كاملة من الكامبيوم . يقطع كل من الأصل والطعم على أساس أن طبقات الكامبيوم الظاهرة في كل منها تتطابق معاً حينها يضمن سويها .

ينشأ الكالوس من المشتقات الحديثة للكامبيوم ومن الخلايا البازنكيمي المتناخلة له . والكالوس الذي ينشأ من الطعم يتحد مع الكالوس الناتج من الأصل، وبالتالي فإن الكامبيومان يتحدان معاً لتكوين طبقة كامبيوم تملأ منطقة اتحاد الأصل والطعم . هذه المنطقة الكامبيومية تنشأ عنها أنسجة خشب ولحاء على امتداد خشب ولحاء الأصل والطعم (شكل ١٠٣) . ويساعد في الالتحام الأنسجة بين الأصل والطعم أن يكون سطحاً الكامبيوم كبيراً، ويتحقق ذلك بأن يكون القطع مائلاً في كل من الأصل والطعم .

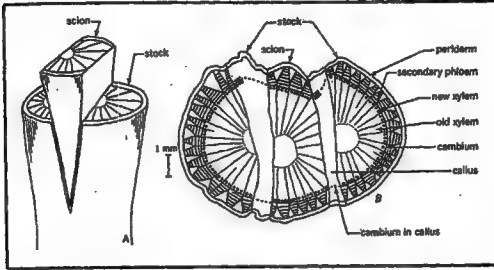
والنباتات التي يربطها علاقة قرابة وثيقة، أي التي تنتمي إلى نفس الجنس أو العائلة، هي التي يمكن تطعيمها معاً . والتطعيم يكون ممكناً في النباتات ذات الفلقتين فقط نظراً لوجود الكامبيوم فيها . ونجاح عملية التطعيم مبنى على قدرة خلايا الأنسجة الحية على الانقسام والنمو عند جرحها، ثم اتحاد الخلايا المتجاورة ليصبح الأصل والطعم كأنهما نبات واحد .

GROWTH RINGS

حلقات النمو

تتميز سيقان الأشجار التي تنمو في المناطق المعتدلة والباردة بوجود طبقات واضحة مركزية الترتيب في الخشب الثانوي تسمى حلقات النمو . وتمثل كل حلقة مقدار الخشب الثانوي الذي يتكون في موسم نمو واحد، ولهذا تسمى بالحلقات السنوية Annual rings ويمكن أن يستفاد من عدد الحلقات كوسيلة تقريبية لتقدير عمر الساق . ويختلف متوسط سمك حلقة النمو في نفس النبات تبعاً لتغير الظروف البيئية بين سنة وأخرى، وقد يختلف السمك في أجزاء نفس الحلقة وقد يؤدي تعرض النبات لظروف البيئة غير ملائمة مثل انخفاض الحرارة أو الجفاف، لتكوين حلقات كاذبة، ضمن الحلقات العادية لاتكون معبرة عن عمر النبات .

وتتألف حلقة النمو أو الحلقة السنوية من خشب الربيع Spring wood وهو الخشب الثانوي الذي يتكون في فصل الربيع . ويمتاز خشب الربيع بأنه رخو، باهت اللون، أوعيته واسعة، عديدة، جدرها رفيعة حتى تستطيع أن تقوم بنقل العصارة الكافية لأعضاء النبات خلال مرحلة نشاط النمو . وألياف هذا الخشب أقل من نسبة الأوعية،



(شكل ١٠٣): رسم تخييلي لقطاع عرضي في ساق جنس الهيكس بين النعام أنسجة الأصل بالطعم في حالة التطعيم بالقلم. لاحظ نشاط الكامبيوم الناشئ في النسيج الجرحي والأنسجة الثانوية التي ربطت أنسجة الأصل والطعم.

وهي أوسع وجدها أرق من مثيلتها في خشب الخريف، كما أن خلاياه البارزيمية كثيرة. ويمتاز خشب الخريف بأنه أقدم لونا نتيجة لصغر قطر تجاويف أوعيته وجدها السميكة، وتكثر به الألياف ذات التجاويف الضيقة والجدر السميكة المملجة.

ويصعب وضع حد فاصل بين كل من خشب الربيع وخشب الخريف في نفس حلقة النمو نتيجة للتدرج في قطر العناصر الناقلة، غير أن هناك تحديد واضح بين خشب الخريف في موسم نمو وخشب الربيع في الموسم الذي يليه. والفرق بين خشب الربيع وخشب الخريف يكون أكثر وضوحا في أشجار المناطق المعتدلة، غير أنه غالبا غير متميز في أشجار المناطق الحارة لعدم وجود اختلافات بين فصول السنة يمكن أن تؤثر بدرجة ملحوظة في حجم عناصر الخشب.

ولقد لوحظ أن الأشجار التي تنمو في بيئات جيدة الإضاءة وتروى بانتظام تكون حلقاتها متساوية الاتساع بينما تلك التي تعتمد على مياه الأمطار فان حلقاتها تتفاوت في الاتساع بدرجة كبيرة، وقد يحدث أن تتكون حلقة مزدوجة في عام واحد اذا تدخل عامل طارئ مثل الصقيع أو وجود فصلان للأمطار.

PORES

المسام

يستخدم المختصون في الأخشاب مصطلح المسام للدلالة على الثقوب التي تمثل

القطاعات العرضية لعناصر أوعية خشب السيقان الخشبية من فوات الفلقتين. ويتميز خشب بعض الأشجار مثل الحور Populus والزان Fagus والجوز Juglans بأن المسام فيه تكون متجانسة تقريبا في القطر وتوزع بانتظام خلال الحلقة السنوية.

ولهذا يوصف هذا الخشب بأنه منتشر المسام Diffuse - Porous wood. وخشب الأشجار الأخرى مثل البلوط Quercus ولسان العصفور Fraxinus والتوت Morus تكون المسام به كثيرة العدد وغير متائلة في القطر حيث تكون أوعية الخشب المبكر أكثر اتساعا منها في الخشب المتأخر. والمسام في هذه الأخشاب تشاهد مرتبة في دوائر مركزية، ولهذا يوصف مثل هذا الخشب بأنه دائري المسام Ring-Porous wood.

ويعتبر وجود المسام وأعدادها واتساعها ذات أهمية اقتصادية عند صبغ الأخشاب، فالأخشاب ذات المسام الواسعة والعديدة تتطلب استخدام كميات من المادة المائلة لسد الثقوب قبل صبغها أكثر مما تتطلبه الأخشاب ذات المسام الضيقة.

الخشب العصيري الرخو SAPWOOD والصميمي HEARTWOOD

يعرف الخشب الذي يكون نشطا في نقل العصارة وخلاياه البارنكيمي حية بالخشب العصيري أو الرخو، أما الخشب الداخل الذي توقفت عناصره الوعائية عن القيام بنقل العصارة، وأصبحت خلاياه البارنكيمي ميتة فيعرف بالخشب الصميمي. يستمر الخشب العصيري في القيام بوظيفة نقل العصارة وتخزين الغذاء طالما احتوى على خلايا حية ضمن مكوناته. أما الخشب الصميمي فوظيفته الوحيدة هي التدعيم.

ويتضمن تحول الخشب العصيري الى صميمي حدوث تغيرات هامة مثل انخفاض نسبة الرطوبة في الخشب العصيري، وتفقد الخلايا الحية ما بها من بروتوبلاست، وتلاشي المواد المدخرة في الخلايا البارنكيمي ويتشرب الخشب بمواد مختلفة مثل الراتنجات والديباغ وبعض المواد العطرية والصبغات. وقد تنفذ بعض هذه المواد الى تجاويف الخلايا أو الى جدرها. كما تتكون تيلوزات في تجاويف العناصر الناقلة خلال فترة تحول الخشب العصيري الى صميمي كما في البلوط Quercus والتوت Morus والجوز Juglans وشجرة الجراد Robinia. ويؤدي وجود التيلوزات الى غلق تجاويف العناصر الناقلة كليا أو جزئيا.

أحيانا، ترسب بعض المواد الراتنجية أو الصمغ أو البلورات بداخل الأوعية بدرجة قد تؤدي الى انسدادها. وتغلق أيضا فجوات النقر بمواد صمغية أو راتنجية.

ويرجع اللون السداكن للخشب الصميمي الى المواد الملونة في جدر خلاياه أو فجواتها. ففي بعض الأجناس مثل التامول Betula والحور Populus لا يختلف الخشب الصميمي عن الرخو في اللون. ولا تؤثر هذه التغيرات في متانة الخشب وإنما تجعله أكثر

تحملا من الخشب العصيري وأكثر قدرة على مقاومة الاصابة بالفطريات والحشرات. ويرتدي عدم وجود مثل هذه المواد في الخشب الى تعفن قلب الشجرة كما في أشجار الصنصاف *Salix*. ويشغل الخشب الصممي المنطقة الوسطى من الساق وهو داكن اللون، بينما العصيري فيشغل المنطقة الخارجية من الخشب المجاورة للكامبيوم الوعائي وهو عادة أصفر اللون.

ونتيجة لصفات التحمل في الخشب الصممي وزيادة مقاومته للاصابة بالفطريات واحتوائه على رائحة ولون مرغوب فيها، أو مواد ذات قيمة تجارية مثل الصبغات، فإن قيمته التجارية تزيد كثيرا عن الخشب العصيري.

ومع هذا، يفضل الخشب العصيري في صناعة لب الخشب *Wood Pulp* لأنه خال من الصمغ والراتنجات والمواد الملونة، كما تقل به نسبة اللجنين عن الخشب الصممي.

وتختلف نسبة الخشب العصيري الى الصممي تبعاً لنوع النبات. ففي شجرة الجراد *Robinia* والتوت *Morus* يكون الخشب العصيري رقيقاً، بينما يكون سميكاً في أجناس أخرى مثل الزان *Fagus* ولسان العصفور *Fraxinus*.

BARK

القلف

ربما يفضل استخدام مصطلح قلف بمعنى غير فني ليدل على جميع الأنسجة التي توجد خارج الكامبيوم الوعائي في كل من السيقان والجنود. ولقد سبق أن استخدم مصطلح قلف للدلالة على جميع الأنسجة التي توجد خارج أحدث كامبيوم فلينى *Phellogen* وهذه المنطقة تشمل طبقات متبادلة من البريدرات والأنسجة التي عزلتها من القشرة واللحاء والتي ماتت نتيجة لانقطاع الماء والغذاء عنها والتي تعرف حالياً باسم رايتيدوم *Rhytidome* الذي يعرف عادة باسم القلف القشري *Shell bark* وأحياناً يستخدم مصطلح آخر هو القلف الخارجى *Outerbark*.

أما الأنسجة المتبقية الحية للقلف، وهى اللحاء *Phloem* وأعمق كامبيوم فلينى والشرة الثانوية *Phelloderm* فتعرف مجتمعة باسم القلف الداخلى *Inner bark*.

وتوجد بضعة أنواع من القلف. ففي بعض النباتات مثل الزان *Fagus* والتامول *Be-tula* والحوار *Populus* يتكون كامبيوم فلينى *Phellogen* سطحي مرة واحدة، ويستمر نشاطه خلال فصل النمو طوال حياة النبات. ويزداد محيط هذا الكامبيوم نتيجة للانقسامات القطرية في خلاياه واتساع الخلايا الناتجة مماسياً طوال حياة النبات. ونتيجة لنشاط هذا الكامبيوم يتكون قلف خارجى ناعم على سطح الساق يقوم بوظيفة الحماية

يسمى القلف الناعم Smooth bark. عادة تزداد عدد طبقات الفلين خلال بضع سنوات ثم تبقى ثابتة بعد ذلك. فمثلاً، في نبات الحور Populus تزداد عدد طبقات الفلين في القلف الناعم من خمس طبقات في غصن عمرة عام واحد الى عشر طبقات في فرع عمره خمس سنوات. ويبقى هذا العدد ثابتاً تقريباً بتقدم عمر الشجرة. ونتيجة للموقع السطحي للبريدرم، فإن العدسات Lenticels في الأشجار ذات القلف الناعم مثل التامول Betula والزان Fagus تنسج محاسياً مع تقدم عمر الشجرة، وقد تبقى دون تغيير كما في جنس لسان العصفور Fraxinus. وفي أنواع أخرى مثل العنب Vitis وباسمين البر Clematis ينشأ البريدرم الأول في صورة أسطوانة كاملة في بارنكيا اللحاء الابتدائي. وتتكون بریدرمات متتالية سنوياً الى الداخل من الأولى تكون أيضاً في صورة أسطوانات. يؤدي نظام تكوين البريدرم في هذه الحالة الى تشقق القلف في صورة أسطوانة صغيرة مجوفة (حلقات) ولهذا يعرف بالقلف الحلقي Ring bark.

ومحدث انفصال أسطوانات القلف خلال عناصر الفلين رقيقة الجدر. ومع هذا، فإن تقشر القلف لا يكون كاملاً نتيجة لوجود مجموعات عديدة من ألياف اللحاء يتكون عنها تركيب شبكي في اللحاء.

في عدد من الأشجار، يكون البريدرم الأول سطحياً ويبقى في موضعه لبضع سنوات. ويتقدم عمر الشجرة، تنشأ بریدرمات جديدة في مناطق أكثر عمقا بنسج القشرة. ويستمر تكوين بریدرمات جديدة سنوياً الى الداخل في مناطق أعمق فأعمق مع تقدم عمر الشجرة حتى يتكون البريدرم في خلايا اللحاء الثانوى. هذه البریدرمات، لا توجد في صورة أسطوانات، مثل البريدرم الأول، وإنما في هيئة صفائح صغيرة، هلالية الشكل، غير منتظمة في المنظر الأمامى، حوافها متجهة الى الخارج، تتلاقى معا وترتكز على الصفائح التي سبقتها.

حينها يبدأ تكوين هذه الصفائح فانها تستمر في التكوين سنوياً طوال حياة الشجرة. ونظام تكوين هذا النوع من البريدرم ينتج عن طبقة خارجية سميكة من القلف الخارجى، تتركب من طبقات متبادلة من البريدرم والأنسجة التي عزلت بواسطتها. ونظراً لانزوال الأنسجة المتكونة خارج البريدرم عن مصادر الغذاء، لوجود خلايا الفلين الميتة، فانها في النهاية تموت. ونتيجة لضغط النمو الثانوى الناتج عن ازدياد أسطوانة الخشب الثانوى، فإن الطبقات الخارجية من هذا القلف تتمزق وتشقق لعدم قدرتها على الانتطاط. يحدث ذلك في صورة قشور غير منتظمة الشكل، ولهذا يسمى القلف الحشفي Scale bark. والقلف الخارجى الحشفي عبارة عن رايتيدوم Rhytidome بينما الداخلى يتألف من اللحاء.

يوجد نوع آخر من القلف يسمى القلف المشقق Furrowed bark كما في الصنصاف Salix وبعض أنواع الكافور Eucalyptus والجوز Juglans. وفي مثل هذه الأشجار، يحتوى اللحاء Phloem على حزم من الألياف يتكون عنها شبكة ليفية متصلة تؤدي الى تماسك القلف وعدم انفصال القشور المتكونة، ولهذا يظهر القلف مشققا .

الفصل السادس عشر

التركيب الداخلي للورقة

- نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقتين
- نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقة الواحدة
- منشأ وتكوين الورقة المركبة
- تكوين حراشيف البراعم
- التركيب التشريحي للأوراق في مغطاة البذور
- تركيب الورقة في النباتات ذوات الفلقتين
- نهايات الحزم
- غلاف الحزمة
- أنسجة التدعيم في النصل
- تركيب عناق الورقة
- التركيب الداخلي لورقة نبات الكتان
- التركيب التشريحي لورقة ذات الفلقة الواحدة
- تركيب البشرة في ورقة النجيليات
- التركيب الداخلي لورقة نبات القمح
- انفصال الأوراق

الفصل السادس عشر

التركيب الداخلي للورقة

الورقة عضو جانبي تحمل على عقد الساق في مظلة البذور، وهي أهم أجزاء المجموع الخضري، فهي المختصة بتجهيز غذاء النبات، وعن طريق ثغورها يتنفس النبات ويتخلص من الماء الزائد عن حاجته.

وتتباين أوراق مظلة البذور في شكل النصل والحافة والقاعدة ونظام التعريق، ومنها المنق وغيرها الجالس Sessile وهناك أوراق بسيطة وأخرى مركبة Compound leaves وهذه الأخيرة متنوعة في التركيب.

النصل Blade يكون عادة رقيقاً يقويه عدد من العروق تتوزع فيه طبقاً لنظام معين ويقوم بتوزيع المواد المحتصة إلى أنسجة الورقة وحمل الغذاء المتكون في خلاياه إلى أجزاء النبات الأخرى.

وأنسجة الورقة ابتدائية لا يحدث فيها نمو ثانوي، وأحياناً يحدث نمو ثانوي ضئيل في عنق الورقة والعروق الكبيرة الممتدة في النصل. ولا يتكون في الورقة بریدم Periderm غير أن هذا النسيج قد يتكون في حراشيف البراعم. والغالبية العظمى من الأوراق تخلو من أى نسيج اختزاني، ومع هذا، فإن بعض النباتات، مثل الشوك الأحمر Salsola khali يخزن في خلايا النسيج المتوسط كميات كبيرة من الماء وقد يخزن في النصل زيوت عطرية مثل زيت السيترونيل Citronella في نبات السنبل الهندي Cymbopogon nardus وزيت الجيرانيوم Geranium oil في نبات البلارجونيوم Pelargonium sp. كما يخزن الدباغ Tannins في أوراق نبات الغوغل الهندي Uncaria. والكافيين Caffeine في أوراق نبات الشاي Camellia Sinensis.

منشأ وتكوين الورقة الخضراء في مظلة البذور

الورقة عضو محدود النمو، تنشأ من المرستيم القمي للساق في مناطق محددة تبعا لنظام

ترتيبها على الساق. في بداية تكوين الورقة يكون النمو فيها قميا، ويستمر لفترة قصيرة. في معظم ذوات الفلقة الواحدة يتوقف النمو القمي حينما يصل طول البداية الورقية Leaf Primordium الى حوالي ٢/١ ملليمتر، يصبح النموبعد ذلك بينيا Intercalary. في ذوات الفلقتين، يستمر النمو الطرفي لفترة أطول حتى يصبح طول البداية بضعة ملليمترات. ومع هذا، قد تبقى قمة الورقة ذات تركيب مرستيمي طوال مراحل تكوينها كما في جنس ورد الشمس Drosera.

وتبدأ الورقة في الظهور على هيئة نتوء مستدير أو هلالى الشكل يسمى ركيزة الورقة Leaf Buttress. ولقد استخدم Louis هذا المصطلح في عام ١٩٣٥. يختلف المستوى الذي تظهر عنده ركيزة الورقة في المرستيم القمي Apical meristem للساق في الأنواع المختلفة. ففي عدد من الأنواع يكون المرستيم القمي مخروطى الشكل، تنشأ ركيزة الورقة عند قاعدته بعيدة نوعا عن قمته، وبذلك لا يتغير مظهره خلال مراحل تكوين ركيزة الورقة. وفي حالات أخرى، الجزء الطرفي من المرستيم القمي، يعلو قليلا عن أحدث ركيزة ورقية، وقد يبدو غائرا نوعا، فتنشأ الركائز الورقية قريبا جدا من طرف المرستيم القمي، الأمر الذي يؤدي الى حدوث تغير في شكله وحجمه بصفة منتظمة مع نشأة هذه الركائز. والفترة بين نشأة ركيزتين ورقيتين متبادلتين أو متقابلتين على عقدتين متتاليتين أو بين سوارات Whorls من الأوراق يطلق عليها مصطلح Plastochrone وهذه تختلف من نوع إلى آخر.

ولا يوجد نظام معين لنشأة الورقة في مغطاة البذور، أو تفاصيل مراحل تطورها. وبصفة عامة، تنشأ بداية الورقة بالانقسامات المماسية Periclinal divisions التي تحدث في خلايا المرستيم القمي تحت المنطقة الطرفية. وفي عدد كبير من مغطاة البذور، يحدث هذا النوع من الانقسامات في طبقة أو أكثر من الطبقات تحت السطحية وليس في السطحية. والطبقة السطحية ترتبط بتكوين ركيزة الورقة حيث تنقسم قطريا Anticlinal divisions لمواجهة الانقسامات في الخلايا تحت السطحية. في بعض مغطاة البذور، الطبقة السطحية مرتبطة بتكوين ركيزة الورقة نتيجة للانقسامات المماسية في خلاياها. في مثل هذه الحالة، فإن الغطاء الخارجى للركيزة الورقية يتكون بالانقسامات القطرية للمشتقات الخلوية الخارجية الناتجة عن انقسامات خلايا الطبقة السطحية.

نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقتين

عند تكوين ورقة بسيطة، من ذوات الفلقتين، فانها تمر بثلاث مراحل فيما بينها:

Foliar Buttress

(١) تكوين ركيزة الورقة

Leaf Axis

(٢) تكوين محور الورقة

Lamina

(٣) تكوين نصل الورقة

Formation of Foliar Buttress

(١) مرحلة تكوين ركيزة الورقة

قديما، في عام ١٨٦٨ استخدم هانشتين مصطلحات نظرية أصل الأنسجة -The his-togen theory في وصف منشأ وتطور الورقة، فأوضح أنها تنشأ من Dermatogen Perib-lem في المرستيم القمي، ولا تشترك Plerome في تكوينها.

وطبقا لنظرية الغطاء والبدن، يتنوع اشتراك كل من الغطاء Tunica والبدن Corpus عند تكوين ركيزة الورقة. فمثلا في نبات حشيشة الخنازير Schrophularia nodosa توجد طبقة واحدة للغطاء في المرستيم القمي، ويحدث الانقسام المماسي أولا في البدن وليس في الغطاء. وفي العنق المتورق Phyllode لنبات الأكاسيا Acacia الغطاء في المرستيم القمي يتربك من ثلاث طبقات خلوية، ومع هذا فإنه يشترك مع البدن في تكوين ركيزة الورقة. في نبات الونكا Vinca minor يحدث الانقسام المماسي الأول في الطبقة الداخلية للغطاء ثلاثي الطبقات.

وفي عدد من ذوات الفلقتين تنقسم طبقة الغطاء الخارجية قطريا مكونة غلافًا يحيط بالركيزة الورقية. ولقد أوضحت نشأة ركيزة الورقة العلاقة المورفولوجية الوثيقة بين الساق والورقة.

في معظم ذوات الفلقتين، يحدث الانقسامات المماسية في بضع خلايا من طبقة أو أكثر مجاورة للطبقة السطحية للغطاء Tunica. الطبقة السطحية، يحدث في خلاياها المجاورة انقسامات قطرية لمواجهة الانقسامات في الخلايا تحت السطحية. في بعض مغطاة البذور، تتكون ركيزة الورقة بالانقسامات المماسية في بضع خلايا من الطبقة السطحية للغطاء، وغطاء الركيزة ينشأ عن الانقسامات القطرية للمشتقات الخلوية الخارجية الناتجة عن خلايا الطبقة السطحية.

يتضح مما تقدم، أن ركيزة الورقة في ذوات الفلقتين، قد تنشأ كليًا من الغطاء في المرستيم القمي، أو من منطقة تتضمن كل من خلايا الغطاء والبدن الخارجية.

وتزداد ركيزة الورقة في الحجم بالنمو القمي Apical growth والاتساع الجانبي حول المرستيم القمي. الاتساع الجانبي للركيزة يتنوع تبعًا لشكل الورقة وشكل الأذنين وموضعها بالنسبة للعنق.

فإذا كان موضع اتصال الورقة بالمقدمة ضيقًا، فإن الانقسامات الخلوية تكون موضعية، أما إذا كانت القاعدة كبيرة أو محيطة بالمقدمة كما في نباتات العائلة الخيمية

Apiaceae امتدت الانقسامات على الجانبين من موضع البداية في صورة حلقة حول العقدة.

(٢) مرحلة تكوين محور الورقة Formation of Leaf Axis

باستمرار الانقسامات المحاسية ينشأ عن ركيزة الورقة محورا قصيرا وتبدى الشكل مفلطحاً عند طرفه. اذا كانت الورقة ذات أذنان، فان الانسجة الانشائية لها تتكون كانتفاخات صغيرة عند قاعدة هذا المحور وتبدى الشكل، وهو يمثل محور الورقة الصغيرة شاملاً لعنق الورقة وعرقها الوسطى Petiole-midrib part وإذا كانت معنقة أو العرق الوسطى فقط اذا كانت جالسة. هذا المحور يوجد عند قمته البدايات الانشائية لنصل الورقة. بعبارة أخرى، هذا المحور عبارة عن ورقة لم يتم تكشفها الى عنق وعرق وسطى ونصل.

والنشاط المرستيمى في محور الورقة يكون في البداية قمياً Apical متبوعاً بانقسامات ونمو بينى Intercalary growth. النمو القمى لا يستمر طويلاً، ويؤدى الى استئطالة بداية محور الورقة ويحدث نتيجة للانقسامات المحاسية والقطرية في خلية أو أكثر من خلايا تحت البشرة Subepidermal cells. ونظراً لأن النمو القمى يتوقف مبكراً، فان الورقة تعتبر عضواً محدود النمو Determinate growth. ويتنوع طول البداية الورقية عند هذه المرحلة، وعادة يكون طولها أقل من ملليمتر واحد قبل استكمال النمو القمى فيها.

(٣) مرحلة تكوين المرستيمات الحافية وتكشف النصل

Formation of Lamina and Marginal Meristems

خلال المراحل الأولى لاستئطالة محور الورقة، تبقى الحواف في حالة نشاط مرستيمى زائد مقارنة بخلايا النسيج الأساسى الداخلى فيتكشف نوعان من البدايات الخلوية، هما البداية القمية Apical initial والبداية تحت القمية Subapical initial وذلك في قمة بداية الورقة الصغيرة عن طريق الانقسامات المحاسية. يؤدى نشاط هذه البدايات الى تكوين حافتان جانبيتان من خلايا مرستيمية هما المرستيمان الحافيان Marginal meristems اللذان يتكون عنهما نصل الورقة. المرستيم الحافى يتركب من صف من البدايات السطحية يسمى البدايات الحافية Marginal initials يبطنه من الداخل صف آخر من البدايات تحت السطحية يسمى البدايات تحت الحافية Submarginal initials. البدايات السطحية الحافية تنقسم بمستويات قطرية أى عمودية على السطح فينشأ عنها بشرة الورقة التي تغطى البشرة العليا Upper epidermis والبشرة السفلى Lower Epidermis كل منهما يتركب من صف واحد من الخلايا.

البدايات تحت السطحية الحافية تنقسم محاسيا Periclinally وقطريا Anticlinally فيتجبع النسيج المتوسط للورقة، في النسيج المتوسط.

النسيج المتوسط، في بعض الأحيان، قد يتركب من نوع واحد من الخلايا، ومع هذا، في أنواع أخرى، الانقسامات في المشتقات الخلوية للبدايات الحافية تحت السطحية، والاختلافات في نمو الخلايا الناعمة، يؤدي الى تمييز النسيج المتوسط الى نسيج عمادى Palisade tissue تجاه البشرة العليا وآخر اسفنجى Spongy tissue تجاه البشرة السفلى. النسيج العمادى ينشأ به بلاستيدات خضراء كثيرة، وبين خلاياه مسافات بينية، بينما يقل عدد البلاستيدات الخضراء في البارنكيما الاسفنجية Spongy parenchyma وذات مسافات بينية واسعة وكثيرة، وخلاياه غير منتظمة الشكل. عدد طبقات النسيج المتوسط يكون ثابتا في نصل الورقة ويمثل صفة تتميز بها النوع.

ثم يأخذ النصل بعد ذلك في الاتساع في الرقعة السطحية والسلك. فالانقسامات المسامية في مشتقات البدايات تحت القمة تزيد من سمك النصل بينما الانقسامات القطرية في جميع طبقات الخلايا تؤدي الى زيادة طوله. هذا النمو في الورقة يعتبر بينيا نظرا لأنه توقف عند القمة مبكرا أكثر منه عند القاعدة.

والنسيج الوعائى Vascular tissue والعرق الوسطى Midvein وكذلك العروق الصغيرة Small veins تتكشف أيضا في مشتقات البدايات تحت الحافية Submarginal. initials ويبدأ التكوين الوعائى في الأوراق ذوات الفلقتين بتكشف الكامبيوم الأول Pro-cambium بينما البداية الورقية تكون في مرحلة المحور الولدى. ويبدأ تكشف الكامبيوم الأول في داخل جزء البداية الورقية الأوسط قريبا من الطرف النامى، ويمثل بداية العرق الوسطى، يليه الحزم الكبيرة ثم الصغيرة حتى يتكون التعريق الشبكي. والكامبيوم الأول في نصل الورقة وعنفقا يتكون عنه جهاز وعائى متصل بكامبيوم مسار الورقة في محور الساق. ويتكشف الحشيب، من الكامبيوم الأول، في الحزم الوعائية في الورقة تجاه السطح العلوى بينما اللحاء تجاه السطح السفلى.

يتضح مما تقدم أن البدايات الحافية السطحية ينشأ عنها، بالانقسامات القطرية، البشرة وحيدة الصف على كل من سطحي الورقة والتي تضم البشرة العليا والبشرة السفلى. وتكشف مشتقات البدايات تحت الحافية Submarginal initials ينتج عنها الأنسجة الأخرى في الورقة.

وعادة، تنقسم البدايات تحت الحافية بجدر عماسية وأخرى قطرية بالتبادل. الانقسامات القطرية تؤدي الى تكوين نسيج متوسط علوى Upper mesophyll وهو عبارة عن النسيج العمادى Palisade tissue وآخر سفلى Lower Mesophyll وهو عبارة عن

النسيج الاسفنجي السفلي Lower Spongy tissue. أما الانقسامات المجامية يتكون عنها الطبقة الوسطى Middle layer. الانقسامات المتتالية في الطبقة الوسطى تؤدي الى تكوين الكامبيوم الأول Procambium الذي تكشف عنه الحزم الوعائية للعرق الوسطى والعروق الصغيرة بالاضافة الى النسيج الاسفنجي الأوسط.

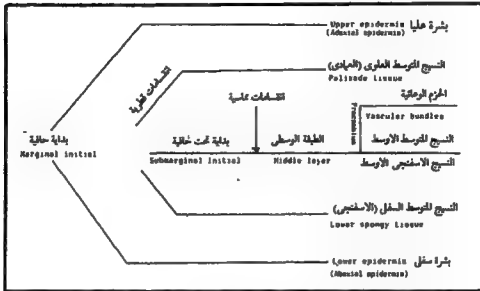
والنمو في الرقعة السطحية للنصل يحدث نتيجة لنشاط المرستيم الصفيفي Plate meristem ويتركب من بضعة طبقات متوازية من الخلايا بجوار حافة الورقة تنمو في مستوى واحد عمودي على السطح. هذا النشاط يحدث عقب النمو الحافى للنصل ويستمر لفترة طويلة بعد توقف النمو الحافى. نشاط المرستيم الصفيفي يحدث بالانقسام القطري في خلاياه الأمر الذي يؤدي الى عدم زيادة النصل في السمك فيما عدا منطقة الاشرطة الكامبيومية. ويتنوع مدى انقسام الخلايا واتساعها في أنسجة الورقة الأخذة في التكوين. الخلايا العمادية تستمر في الانقسام بعد أن تتوقف البارنكيا الاسفنجية عن الانقسام، كما أن اتساع الخلايا يستمر فترة أطول عادة في خلايا البشرة. هذه الخلايا تحدث ضغطاً تؤدي الى تكوين مسافات بينية انفصالية Schizogenous air spaces في النسيج المتوسط.

ويمكن تلخيص المراحل الهامة في تكوين الورقة البسيطة فيما يلي:

- (١) تكوين البداية الورقية في هيئة ركيزة الورقة Leaf buttress.
- (٢) اتساع البداية الورقية بالنمو القمي والنمو البيني لتكوين منطقة عنق الورقة وعرقها الوسطى.
- (٣) تكوين النصل بواسطة المرستيمات الحافية وتحت الحافية.
- (٤) النمو السطحي للنصل نتيجة لنشاط المرستيم الصفيفي Plate meristem.

ومن الناحية العامة، فإن البدايات الحافية ينتج عنها البشرة العليا والبشرة السفلى. أما البدايات تحت الحافية الظهرية، القريبة من المحور Adaxial Submarginal فينتج عنها البارنكيا العمادية Palisade Parenchyma والطبقة الوسطى Middle layer ينشأ عنها النسيج الوعائي. والبدايات تحت الحافية السفلى، البعيدة عن المحور Abaxial submarginal initials يتكون عنها الجزء الأكبر من النسيج (الاسفنجي Spongy Tissue). في بعض الأحيان، مشتقات الطبقة الوسطى ينشأ عنها جزء من البارنكيا الاسفنجية (النسيج الاسفنجي) بالاضافة الى تكوين النسيج الوعائي.

ويوضح الشكل التالي كيفية نشوء أنسجة الورقة من البدايات الحافية وتحت الحافية:



ملحوظة: البداية تحت الحالية يطلق عليها أحيانا بداية تحت البشرة.

نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقة الواحدة

لقد درست باستفاضة منشأ وتكوين الأوراق في النجيليات، والتي يمكن اعتبارها ممثلة لذوات الفلقة الواحدة. والورقة في النباتات النجيلية تتركب من غمد Sheath ونصل طويل شريطي تعريقه متوازي طولى.

وتنشأ الورقة في النجيليات كنتوء صغير جانبي على أحد جوانب المرستيم القمي عند قاعدته، نتيجة للانقسامات المماسية في مجموعة من عدد قليل من خلايا الطبقة السطحية وتحت السطحية. ويؤدي استمرار الانقسامات على جانبي هذا التوء الى تكوين تركيب مميز من نسج مرستيمي يشبه الياقة Collar يمكن اعتباره ركيزة الورقة Leaf buttress يحيط بقاعدة المرستيم القمي، وهي بذلك تكون أكبر اتساعا منها في ذوات الفلقتين. إذا كان غمد الورقة مفتوح التقت حافتا هذا النمو عند جانب محور الساق المواجه لمنطقة منشأ الورقة وتمتد احدي الحافتين فوق الاخرى وتترابك عليها. وإذا كان الغمد مغلقا، وهي حالة نادرة في النجيليات بينما تكون مميزة في العائلة السعدية Cyperaceae ينتج تركيب حلقي كامل عن نمو التوء الجانبي.

وتنمو ركيزة الورقة الى أعلا عند موضع منشئها نموا قميا Apical growth من النسيج الانشائي، قبل أن يستكمل النمو الجانبي حول العقدة. خلال هذا النمو تظل منطقة النشوء هي العليا وتنحدر الى أسفل على امتداد حافتها. في المراحل الأولى لتكوين ورقة النجيليات تكون بداية الورقة في صورة تركيب يشبه قلنسوة البرنس Hood. ولا توجد

حدود فاصلة بين غمد الورقة ونصلها في هذه المرحلة، رغم أن الجزء الذي يحيط بالمرستيم القمي يمكن اعتباره غمد الورقة.

وتتضح الحدود بين النصل والغمد حينما يتكون اللسين *Ligule* وهو زائدة غشائية تنشأ عند قمة الغمد من الطبقة السطحية الداخلية. ويستمر النصل في الاستطالة نتيجة للنمو البيني *Intercalary growth* الذي يستمر فترة أطول عند قاعدته أى فوق مستوى اللسين. والنشاط المرستيمي البيني الذي يتكون عنه الغمد يحدث تحت اللسين. النشاط المرستيمي البيني في ورقة النجيليات يكون أساسيا في بناء ورقة النجيليات، في الوقت الذي يكون النشاط القمي قصيرا أو أقل أهمية عما هو عليه في ذوات الفلقتين. ونظرا لأن الغمد يأخذ في النمو متأخرا، فإنه يتأخر في التكوين عن النصل. والسلاية التي توجد تحت الورقة تستمر في الاستطالة بينما تكون الورقة قد توقفت عن النمو.

والنمو الحافى *Marginal growth* يحدث نتيجة لنشاط البدايات الحافية *Marginal in-italia* وتحت الحافية *Submarginal initials*. المشتقات الخلوية لهذه البدايات قد تصبح مرتبة في طبقات متوازية وتنقسم قطريا خلال مرحلة الاتساع في الرقعة السطحية للنصل، مرستيم صفحي *Plate meristem* كما هو الحال في ذوات الفلقتين. أشرطة الكامبيوم الأول تنشأ في الطبقة الوسطى *Middle layer* بالانقسامات الخلوية في شتى المستويات.

منشأ وتكوين الورقة المركبة ONTOGENY OF COMPOUND LEAF

من الناحية العامة، الوريقات في الورقة المركبة تنشأ أما في تعاقب قاعدى *Basipetal* أى من القمة الى القاعدة، أو في تعاقب قمى *Acropetal succession* من القاعدة الى القمة، أو في تسلسل متنوع حيث تنشأ أولا الوريقات الوسطى يليها أخرى في اتجاه قاعدى أو قمى.

والورقة المركبة تنشأ كمحور ورقة على ركيزة الورقة وهذا المحور يعتبر بداية عنق ومحور الورقة المركبة يحمل البدايات المرستيمية للوريقات في صورة نموات نصف كروية على حوافه، كل ورقة تماثل في منشئها وتكوينها الورقة البسيطة فتظهر في صورة محاور ورقة *Leaflet axis* يحدث فيه نمو قمى ثم نمو بينى، وأخيرا ينشأ النصل من البدايات الحافية وتحت الحافية.

تكوين حراشيف البراعم

حراشيف البراعم *Cataphylls* في النباتات متساقطة الأوراق ذات صفات تشريحية

خاصة تميزها عن الورقة العادية. فالنسيج المتوسط في حراشيف البراعم ضعيف التكوين عادة، والبارنكيا الاسفنجية تكاد تكون خلاياها منتظمة الشكل وقليلة المسافات البينية، كما أن النسيج العمادى يكون غائباً أو مختزلاً. والثغور غائبة أو قليلة العدد وإذا وجدت تكون على السطح العلوى أكثر منها على السفلى الذي تكسوه أدمة سمكة. والحراشيف الخارجية قد يتكون بها بيردوم Periderm تحت البشرة.

والجهاز الوعائى شحيح، وعناصر الخشب واللحاء تكون قليلة. والنسيج الميكانيكى يكون مختزلاً من الطراز الكولنكي، وقد توجد الألياف أو الاسكلريدات كما في الحور *Populus* والبلوط *Quercus*.

وكما هو الحال في الورقة البسيطة تنشأ حراشيف البراعم بالانقسامات المماسية، والقطرية في المنطقة السطحية للمرستيم القمى حيث يتكون محور الورقة الحرشفية. بعد فترة يختلف تطور هذه البداية عن مثيلتها في حالة الورقة البسيطة لنفس النبات. ومن نواحى الاختلافات أن محور الورقة البسيطة يزداد في السمك بينما يكون هذا النمو ضئيلاً أو معدوماً في الورقة الحرشفية. والنمو الحافى في الورقة الحرشفية يكون سريعاً، ويتركز أساسياً في الاتجاه الجانبى. النمو الحافى السريع مع عدم تغلظ محور الورقة، يعطى الورقة الحرشفية مظهرها المغلق *Sheathing form*. وتنضج أنسجة الورقة الحرشفية بسرعة دون حدوث التميز الذي يحدث في أنسجة الورقة العادية.

ولقد أهتمت الدراسات بمحاولة معرفة العوامل التي تحدد نوعية تكشف البداية الورقية لتكون ورقة عادية أو حرشفة برعم *Bud scale*. فيرى البعض أن الحرشفة تنشأ عن بداية ورقة توقفت عن النمو واتخذت خطاً تكشفياً أدى بها إلى تكوين الحرشفة، وهناك من يرى أنه يوجد تبادل زمنى بين نشأة الأوراق والحراشيف.

التركيب التشريعى للأوراق في مغطاة البذور

تركيب الورقة في النباتات ذوات الفلقتين

نصل الورقة

تركب الورقة الخوصية *Foliage leaf* من ثلاثة أجزاء هى النصل والعنق والقاعدة. النصل *Leaf blade or Lamina* هو جزء الورقة المختص بعملية البناء الضوئى، والعنق *Petiole* يصل ما بين النصل والساق وتنقل من خلاله الذائبات المختلفة من وإلى النصل وتعريضه لأكبر مقدار من الاضاءة، والقاعدة *Base* هى الجزء الذي يصل العنق بالساق، وهى أكبر حجماً بقليل من العنق.

ويمكن دراسة تركيب نصل الورقة الداخلى في ورقة من ذوات الفلقتين في قطاع

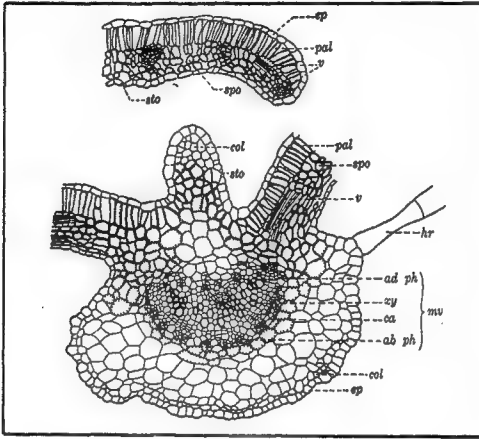
مستعرض يمر بالعرق الوسطى Midvein. وتوضح الدراسة المجهرية للقطاع وجود ثلاثة مجاميع نسيجية أساسية هي (١) البشرة، (٢) النسيج المتوسط، (٣) العروق أو الحزم الوعائية (شكل ١٠٤).

- البشرة
Epidermis (Epi – Upon; Dermis – Skin)
البشرة طبقة وقائية من صف واحد عادة من الخلايا تغلف كلا من السطح العلوى والسفلى للنصل، وهى نسيج ابتدائي يتركب من خلايا حية عادة ذات سيتوبلازم رقيق، النواة به واضحة، ويحيط فجوة عصارية كبيرة. ويعيش البروتوبلاست طويلا، ويموت قبل سقوط الورقة مباشرة.
خلايا البشرة، خالية من البلاستيدات الخضراء، باستثناء الخلايا الحارسة للثغور Guard cells وخلايا نباتات الظل وبعض النباتات المائية. أحيانا توجد حوصصلات حجرية Cytoliths في بعض خلايا البشرة كما في التين المطاط Ficus elastica من العائلة التوتية Moraceae ونبات بلسان Momordica من العائلة القرعية Cucurbitaceae. وقد تحتوى خلايا البشرة على بلورات صغيرة من أكسالات الكالسيوم. أحيانا تمتد خلايا البشرة في شكل حلقات Papillae كما في أوراق الكاكاو Theobroma cacao والبازلاء Pisum sativum.

وكثيرا تنمو شعور على سطوح أوراق كثير من النباتات، يتنوع تركيبها وبشكلها، وهى اما غدية أو غير غدية. قد تكون هذه الشعور كثيفة تسمى البشرة من فقد الماء.

وخلايا البشرة العادية منبسطة، غالبا متماثلة الأقطار. الجدر القطرية تظهر في أوراق ذوات الفلقتين غالبا متموجة في المنظر السطحي ومتداخلة فيما بينها بينما تكون الثغور متناثرة بينها، كما في أوراق نبات الفول Vicia faba والدخان Nicotiana والبازلاء Pisum sativum ونبات اصبع العذراء Digitalis أحيانا تكون الجدر مستقيمة كما في جنس السناسكى Cassia Angustifolia. وخلايا البشرة مرتبة بالحكام، فلا توجد بينها مسافات بينية فيها عدا أماكن فتحات الثغور.

الجدر الخارجية لخلايا البشرة، في النباتات الأرضية، تكون سمكية، تغطي من الخارج بطبقة أدمة Cuticle يختلف سمكها تبعا لنوع النبات وعوامل البيئة المحيطة. في النباتات المائية ونباتات الظل تكون الأدمة رقيقة، ومحدت أقصى تكونت لجدر البشرة في النباتات الصحراوية Xerophytes وتكون أكثر سمكا على البشرة العليا، وقد تكون هذه الجدر ملجننة. وأحيانا تتكونت جدر خلايا تحت البشرة. سطح الأدمة الخارجى يشاهد في صورة بروزات ونجاويف ذات أشكال مختلفة. وأحيانا، تغطي الأدمة بطبقة من



(شكل ١٠٤) قطاع عرضي في منطقة العرق الوسطى لتصل ورقة ذات فلتتين.

لاحظ النسيج المهادي يتكون من طبقة واحدة تجاه البشرة العليا. يليه النسيج الأسفنجي. الحزم الوعائية تتركب من لحاء علوى وآخر سفلى، الخشب تجاه السطح العلوى. يوجد كامبيوم بين اللحاء السفلى والخشب. الخلايا الكولنكيمية أعلى وأسفل الحزم الوعائية تصل حتى البشرة في منطقة العرق الوسطى.

الشمع تأخذ صوراً مختلفة. وقد يتكون الشمع بكميات اقتصادية كما في شجرة الشمع *Copernicia prunifera*.

ويتراوح سمك الجدار الخارجى لخلايا البشرة عادة بين ٣-٤ ميكرون، ولقد ذكر أنه يوجد تحت المليمتر المربع الواحد من الجدر الخارجية لخلايا البشرة في أوراق كثير من النباتات أكثر من ٢٠٠٠ من الجدر القطرية.

وعادة، تكون كل من البشريتين العليا والسفلى للأوراق متشابهتين في التفاصيل التركيبية، باستثناء سمك طبقة الأدمة التي تكون أكثر سمكاً على البشرة العليا، كما أن

الثغور تكون أكثر عددا على البشرة السفلى. في بعض النباتات، كما في الزيتون *Olea* والتفاح *Malus* والبلوط *Quercus* لا توجد ثغور على البشرة العليا. في النباتات المائية ذات الأوراق الطافية مثل *Nymphaea* تقتصر وجود الثغور على السطح العلوى فقط. في الأوراق التي يأخذ فيها النصل وضعاً عمودياً حيث يتعرض سطحى النصل للدرجة واحدة تقريباً للضوء مثل الكافور *Eucalyptus* يتساوى عدد الثغور تقريباً على كل من السطحين. ويندر وجود الثغور فوق العروق *Veins*.

ويختلف عدد الثغور تبعاً لنوع النبات وإلى درجة ما تبعاً للبيئة. وبصفة عامة يتراوح العدد بين ١٠٠-٤٠٠ ثغر في المليمتر المربع من سطح الورقة. في النباتات الصحراوية يتراوح عدد الثغور في المليمتر المربع بين ١٠-١٥ ثغر. وعدد الثغور الكلى في ورقة تباع الشمس قد يبلغ حوالى ٢ مليون والزيتون حوالى ٢/١ مليون.

ويوضح الجدول التالى عدد الثغور التي توجد في البشرة العليا وكذلك السفلى لعدد من النباتات الاقتصادية:

عدد الثغور في المليمتر المربع		
اسم النبات	البشرة العليا	البشرة السفلى
الذرة	٥٢	٦٨
القمح	٣٣	١٤
تباع الشمس	١٧٥	٣٢٥
البلوط الأحمر	—	٦٨
التفاح	—	٢٩٤
الخوخ	—	٢٢٥
الكوليس	—	١٤١
الطماطم	١٢٠	١٣٠
الفاصوليا	٤٠	٢٨١
الكرنب	١٤١	٢٢٦
البرسيم الحجازى	١٦٩	١٣٨
الخروع	٦٤	١٧٦
الشوفان	٢٥	٢٣
البيجونيا	—	٤٠

يتضح من هذا الجدول أن الثغور توجد غالباً على السطحين العلوى؛ البشرة العليا Upper epidermis والسفلى؛ البشرة السفلى Lower epidermis. وأحياناً، تخلو البشرة

العليا من الثغور، وعدد الثغور على البشرة السفلى يكون عادة أكبر منه على العلوى. ففي الذرة مثلا، النسبة بين عدد الثغور على السطح العلوى الى عددها على السطح السفلى تكون حوالى ٣:٥ وفي الفاصوليا ١:٧ وفي الخروع حوالى ٤:١١.

ويتركب الثغر في أوراق النباتات ذات الفلقتين من خليتين حارستين كلويتى الشكل، قد تتصلان مباشرة بباقي خلايا البشرة أو يكون اتصالهما عن طريق عدد من خلايا اخرى متخصصة تسمى الخلايا المساعدة Subsidiary cells يتراوح غالبا عددها بين خليتين وأربع خلايا أو أكثر.

ويختلف مستوى الثغور بالنسبة لخلايا البشرة المحيطة. فقد يكون الثغر في مستوى خلايا البشرة، أو يعلو أو ينخفض قليلا. وقد تكون الثغور في تجاويف محاطة بشعيرات نامية من خلايا البشرة كما في الدفلة Nerium.

وتكون البشرة متضاعفة Multiple epidermis في أوراق بعض النباتات التي تنتمى الى عدد من العائلات النباتية مثل التوتية Moraceae وكما في التين مطاط Ficus elastica والفلقالية Piperaceae كما في بيروميا Peperomia. ويتراوح عدد طبقات هذه البشرة بين ٢-١٦ طبقة خلوية. وتخلو الطبقات تحت البشرة السطحية من البلاستيدات الخضراء. وتقوم خلايا البشرة المتضاعفة عادة باختزان الماء.

وتتركز وظيفة البشرة في حماية الأنسجة الداخلية للنصل من الجفاف والأحياء الدقيقة، وعوامل البيئة المحيطة. فوجود الأدمة يؤدي الى خفض كبير في عملية التنح Transpiration من الورقة. ويبلغ مقدار التنح من خلال الأدمة حوالى ١٠٪ من مقدار التنح الكلى، والباقي يحدث خلال فتحات الثغور في معظم النباتات. ويؤدي الترتيب المحكم لخلايا البشرة، وجدرها القوية المدعومة بالكيتين واللجنين، بالإضافة إلى وجود الأدمة، إلى إعطاء قوة ميكانيكية الى النسيج المتوسط. ووجود الثغور في البشرة يساعد في حدوث التبادل الغازى في عملية التمثيل الضوئى والتنفس.

Mesophyll Meso - Middle; Pyllon - Leaf

النسيج المتوسط

وهو النسيج الأساسى في الورقة، ويقع بين البشريين العليا والسفلى. يتركب النسيج المتوسط من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر تتباين في شكلها وترتيبها، وهى غنية بالبلاستيدات الخضراء. ويتخصص النسيج المتوسط في القيام بعملية البناء الضوئى. ويتميز النسيج المتوسط في معظم أوراق النباتات ذات الفلقتين الى نسجين يعرف أحدهما بالنسيج العمادى والآخر بالنسيج الاسفنجى، وذلك في الأوراق ذات السطحين المختلفين Dorsiventral or Bifacial leaf التي تكون في وضع أفقى أو مائل. في حالة

الأوراق المنتصبة التي تكون قائمة مما يجعل سطحها معرضين بالتساوي للضوء مثل الدفلة Nerium والكافور Eucalyptus والصفصاف Salix وتوجد طبقة عمودية تحت البشرة العليا وفوق البشرة السفلى وبينهما النسيج الاسفنجي، وتعرف مثل هذه الورقة بذات السطحين المتشابهين Isobilateral leaf.

أ - النسيج العمادي Palisade Tissue Palus - Stake

يوجد هذا النسيج تجاه البشرة العليا. يتركب عادة من طبقة واحدة من خلايا كلورنكيمة أسطوانية الشكل رقيقة الجدر محاورها الطويلة تكون عمودية على البشرة، تسمى الخلايا العمادية Palisade cells. قد تكون الخلايا العمادية متساوية الأقطار كما في الهندباء البرى Taraxacum أو تختلف نسبة الطول الى العرض كما في تباع الشمس (١:٦) والخروع (١:١٠) حيث يكون طول الخلية عدة مرات أكثر من عرضها. في أوراق القطن، تكون الخلايا العمادية طويلة لدرجة تشغل مايقرب من نصف النسيج المتوسط. الخلايا العمادية في البازلاء Pisum sativum رفيعة يبلغ طولها حوالي ٣/١ النسيج المتوسط.

وتحتوى الخلايا العمادية على بلاستيدات خضراء عديدة. ولقد قدر ان الخلايا العمادية الموجودة في ملليمتر مربع واحد من ورقة نبات الخروع تحتوى على حوالي ٤٠٠ ألف بلاستيدة خضراء بينما يوجد حوالي ٩٢ ألف بلاستيدة خضراء في نفس المساحة من خلايا الاسفنجية. وخلال عملية البناء الضوئي، تترتب البلاستيدات الخضراء في هيئة طبقة واحدة بجوار جدار الخلية، وأحيانا تترتب في عدة صفوف رأسية.

ويتركب النسيج العمادي في النباتات الوسيطة Mesophytes من طبقة أو طبقتين من الخلايا العمادية، بينما في الصحراوية قد يتألف من بضع طبقات، الطبقة الخارجية منها تكون خلاياها أكثر طولاً بينما الداخلية تكون أقصرها.

وفي الأوراق ذات السطحين المتشابهين Isobilateral leaves يوجد النسيج العمادي في طبقة أو أكثر تحت كل من البشريتين. فمثلاً، في نبات السنمكى Cassia Angustifolia توجد طبقة واحدة بينما في الكافور Eucalyptus توجد ٣-٥ طبقات من الخلايا العمادية تحت كل من البشريتين، مع قدر بسيط من النسيج الاسفنجي في وسط النصل. وترتبط الخلايا العمادية بعلاقة محددة مع خلايا البشرة فيما يسمى النسبة العمادية Palisade Ratio وهي عبارة عن متوسط عدد الخلايا العمادية التي توجد تحت خلية واحدة من خلايا البشرة. وهذه النسبة تكون ثابتة بالنسبة للنوع الواحد. في حالات قليلة، يكون النسيج المتوسط غير متميز الى عمادي واسفنجي كما في الكتان Linum وبعض النباتات المائية.

ويمثل النسيج العمادى جزء الورقة الأكثر تخصصا في عملية البناء الضوئى ويرجع ذلك الى احتوائه على معظم البلاستيدات الخضراء في الورقة. وتبدو الخلايا العمادية ملتصقة ببعضها، غير أن جزءا من سطوحها يكون معرضا للمسافات البينية. هذه المسافات تكون عادة أصغر مما في النسيج الاسفنجى، وتتصل بالمسافات البينية في النسيج الاسفنجى. والسطوح الحرة من الخلايا العمادية المعرضة للمسافات البينية تكون أكبر بضع مرات مما في النسيج الاسفنجى. في ورقة البازلاء، تكون الخلايا العمادية غير محكمة الترتيب ولذلك توجد مسافات بينية كثيرة بينها. وتتجمع الخلايا العمادية عند أطرافها الداخلية في مجاميع صغيرة تتصل كل منها بخلية اسفنجية تتجمع فيها نواتج البناء الضوئى من هذه الخلايا. هذه الخلية ذات عدة جوانب، تسمى الخلية المجمعة Collecting cell.

ب - النسيج الأسفنجى Spongy Tissue

يقع تحت النسيج العمادى ويترب من بضع طبقات من خلايا كلورنكيمة غير منتظمة الشكل، تكثر بينها الفراغات البينية لدرجة أن حجم هذه الفراغات قد يكون أكبر من حجم الخلايا. تحوى الخلايا على بلاستيدات خضراء أقل بكثير مما يوجد في الخلايا العمادية. يؤدى عدم انتظام الخلايا في الشكل الى أن تصبح الخلايا ذات أذرع ممتدة تتصل بأذرع الخلايا الاسفنجية الأخرى، فيتكون تركيب شبكى غير منتظم من خيوط خلوية تتصل بأغلفة الحزم الوعائية Bundle sheaths وتنحنى فوق مناطق الثغور.

وكثرة المسافات البينية واتساعها يؤدى الى تعرض مساحة كبيرة من جدر الخلايا للهواء المحتوى على الغازات التي يعتمد عليها في البناء الضوئى والتنفس، الأمر الذي يؤدى الى قيامها بوظائفها. وتتصل الفراغات الهوائية في النسيج المتوسط بالتجاويف الهوائية تحت الثغور.

وتتركز الوظيفة الرئيسية للنسيج الاسفنجى في تيسير حركة الهواء داخل أنسجة الورقة والمساعدة في امداد الخلايا العمادية باحتياجاتها من ثانى أكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئى بالإضافة الى تقليل فقد الماء عن طريق الثغور.

ويحتوى النسيج المتوسط أحيانا على خلايا تختلف في الشكل والحجم والمحتويات عن بقية خلاياه. فمثلا، في ورقة نباتات الشاي Camellia والدخان Nicotiana توجد اسكلريدات متناثرة في النسيج المتوسط. وفي كثير من أوراق نباتات العائلة الفلفلية Piperaceae توجد خلايا كروية الشكل كبيرة الحجم ممتلئة بزيت طيارة. كما يجزن زيت المسترونيلا في أوراق نبات السنبل الهندى Cymbopogon وزيت الجيرانيوم في أوراق

نبات البلارجونيوم *Pelargonium spp.* وصبغة الانديجو في أوراق نبات النيلة -Indigofera tinctoria وفي نباتات أخرى، توجد قنوات راتنجية كما في العائلة المركبة Asteraceae وفجوات انقراضية Lysigenous cavities كما في جنس الموالح Citrus. أحيانا يخزن دباغ في النسيج المتوسط للورقة كما في نبات سيق الدباغ Rhus coriaria. في نبات السكران Hyoscyamus niger توجد طبقة من الخلايا تحت النسيج العمادي تحتوي على بلورات من أكسالات الكالسيوم تسمى الطبقة البلورية Crystal layer. في نبات الكركدية Hibiscus sabdariffa توجد بلورات نجمية من أكسالات الكالسيوم.

جـ - الأنسجة الوعائية بالنصل

عروق الورقة Veins هي الحزم الوعائية التي تتخلل نصل الورقة، وتمثل امتدادات من العمود الوعائي في الساق.

وفي ذوات الفلقتين هذه الامتدادات، تتألف من مسير ورقى واحد الى ثلاث مسيرات أو أكثر تعبر الساق الى الورقة عند كل عقدة. حزم مسيرات الورقة Leaf trace bundles التي تدخل نصل الورقة تترتب وفق نظام خاص يكسب الورقة مظهرها خاصا. ونظام توزيع العروق بالنصل يسمى التعريق Venation. وفي مغطاة البذور يوجد نظامان للتعريق هما التعريق الشبكي Reticulate venation والتعريق الموازى Parallel venation. النوع الأول يتميز به غالبا أوراق النباتات ذات الفلقتين بينما الثانى فهو الشائع في ذوات الفلقة الواحدة. كما يوجد نوعان من التعريق الشبكي هما الريشى Uniriseric والشائع في ذوات الفلقة الواحدة. كما يوجد نوعان من التعريق الشبكي هما الريشى Uniriseric ومتعدد السراحي Multicostate or palmate. ويتميز التعريق الشبكي الريشى بوجود عرق وسطي، هو أكبر العروق، تمتد من قاعدة النصل الى قمته، ويعطى أفرعا جانبية تمتد نحو حافة النصل، وتتفرع أيضا على جانبيها الى أفرع أصغر وأدق. وفي التعريق الشبكي الراحي، يحتوي النصل على عدد من العروق الكبيرة، التي تنشأ من نهاية عرق الورقة، متساوية تقريبا في قطرها وتمتد نحو حافة النصل وتتفرع الى عروق جانبية أدق منها. ونتيجة للتعرق الشبكي تظهر العروق في المقاطع العرضية للنصل بعضها في قطاعات عرضية وأخرى طولية.

ونظرا لتفرع العروق في نصل الورقة، فانها تكون مختلفة في الحجم، وتكون أكبر العروق، الحزم الوعائية، العرق الوسطى Midvein والعروق الأخرى، الكبيرة في التعريق الراحي. هذه العروق الكبيرة، ينتج منها تنوعات تظهر على طول امتدادها على الجانب السفلى Abaxial side لنصل الورقة. العروق الكبيرة تكون مطمورة في خلايا بارنكيمي، بينما الحزم الصغيرة يتكون عنها تركيب شبكي بين الحزم الكبيرة في النسيج المتوسط، عادة تحت الخلايا العمادية أى في الطبقة العليا من النسيج الاسفنجي.

المسيرات الورقية التي تعبر العمود الوعائي في الساق الى النصل عن طريق العنق، قد يحدث بها عدد من الاختلافات التركيبية خلال امتدادها في العنق نتيجة لتعدد طرق التحامها وانقسامها والتوائها خلال مساره في العنق. في كثير من النباتات تظل المسيرات الورقية التي تدخل العنق دون تغير في تركيبها أو موضعها. وفي حالات أخرى، تلتحم المسيرات معا في العنق مكونة شريطا واحدا.

في المسيرات الورقية التي تترك العمود الوعائي في الساق، يتخذ كل من الخشب واللحاء وضعه بالنسبة للآخر أثناء خروجه ودخوله الى العنق والنصل، فيكون اللحاء، في الحزم الكبيرة والأصغر منها، متجها الى أسفل بينما الخشب متجها ناحية السطح العلوي للنصل.

والحزم الوعائية في أوراق النباتات مغطاة البلور تكون عادة جانبية تتركب من خشب ابتدائي جهة السطح العلوي للورقة ولحاء جهة السطح السفلي. يتركب خشب الحزمة من أوعية Vessels وقصبيات Tracheids تترتب في صفوف بينها خلايا بارنكيميائية رقيقة الجدر. الخشب الأول Protoxylem يكون جهة البشرة العليا بينما التالي Metaxylem يكون جهة اللحاء. اللحاء الأول Protaphloem يكون جهة البشرة السفلى بينما اللحاء التالي Metaphloem يكون جهة الخشب. في النباتات التي تحتوى السيقان فيها على حزم وعائية ذات جانبيين يوجد اللحاء عادة على كل من السطحين العلوي والسفلي للخشب في الحزم الوعائية الرئيسية. ولا يوجد هذا اللحاء الاضافي في الحزم الصغيرة.

والعروق الصغيرة تكون مطمورة في النسيج المتوسط بينها الكبيرة تكون محاطة بنسيج أسامي تحتوى خلاياه على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء. هذا النسيج المرتبط بالعروق الكبيرة يظهر على السطح السفلي للورقة في صورة تنوء يتركب من خلايا بارنكيميائية مع جزء من نسيج دعامي عبارة عن خلايا كولنكيميائية.

النسيج الوعائي للعروق الكبيرة في ذوات الفلقتين، وبصفة أساسية العرق الوسطى، يتضمن حزمة وعائية واحدة أو عدة حزم. وإذا كانت حزمة واحدة، فانها اما أن تكون هلالية الشكل Crescent-shaped كما في الزيزفون Tilia والدردار Ulmus أو مستديرة كما في البلوط Quercus والاسفندان Acer. أما إذا كانت الحزم الوعائية في العرق الوسطى عديدة، فانها تظهر في القطاع العرضي للعرق مرتبة في هيئة دائرة كما في العنب Vitis أو نصف دائرة كما في نبات دمسيس Ambrosia من العائلة المركبة Asteraceae أو مبعثرة بدون نظام كما في تباع الشمس Helianthus annuus. توجد كثيرا منطقة كاسيومية بين الخشب واللحاء في الحزم الكبيرة لاسيا في أوراق النباتات دائمة الخضرة.

في بعض الأوراق، مثل نبات البلاكونا Belladonna والسكران Hyoscyamus توجد

مجموعات من اللحاء مطمورة في النسيج البارنكيي بالعرق الوسطى. في ورقة الكافور Eucalyptus توجد حزمتان وعائيتان صغيرتان أعلى حزمة العرق الوسطى في وضع مقلوب.

والحزم الوعائية، فيها عدا الحزم الصغيرة، تحتوى على أوعية Vessels في الخشب، وأنابيب غربالية Sieve Tubes في اللحاء. عناصر الخشب الوعائية تتألف من القضيبات في الحزم الصغيرة. وكلما تفرعت الحزم الوعائية وأصبحت أصغر فأصغر، أى متدرجة في الصغر، فإن الأنسجة الوعائية تقل تدريجياً في المقدار حتى يصبح الخشب مكوناً من عنصر واحد حلزوني ويتكون اللحاء من خلية واحدة بارنكيية تشبه الخلية المرافقة وتسمى خلية انتقالية Transition cell.

ولقد أوضحت البحوث الحديثة أنه توجد خلايا متخصصة تسمى خلايا النقل Transfer cells تكون مصاحبة للحزم الدقيقة في الأوراق. هذه الخلايا ذات سيتوبلازم كثيف يحتوى على بلاستيدات خضراء وغيرها من العضيات الصغيرة. وتوجد نموات من جدارها تبرز داخل تجويف الخلية تؤدي إلى زيادة سطح الغشاء البلازمي. ويرجح أن هذه الخلايا تقوم بامتصاص الذائبات من النسيج المتوسط ونقلها إلى عناصر الأنابيب الغربالية. هذه الخلايا قد تكون بارنكيية متحورة من بارنكيي اللحاء أو الخشب أو غلاف الحزمة الوعائية.

ويقسم النسيج المتوسط إلى مساحات صغيرة نتيجة لتفرع العروق وتشابكها. المساحات الصغيرة من النسيج المتوسط التي تحاط بالفريغات Veinlets تسمى جزيرات العروق Vein-iselets. عدد الجزيرات في وحدة مساحة من سطح الورقة يكون ثابتاً بالنسبة للنوع، ويعتبر صفة تشخيصية له. فمثلاً، في أوراق نبات اصبع العذراء Di-gitalis يوجد ٦-٢ جزيرة في الملليمتر المربع بينما في السناميكي Cassia angustifolia يوجد حوالي ٢٣-٩ جزيرة. ولقد وجد أن الفراغات في النسيج المتوسط الخالية من الحزم الوعائية حوالي ١٢٠ ميكرون.

نهاية الحزم VEIN ENDINGS OR BUNDLE ENDS.

تنتهي فروع الحزم الوعائية في الأوراق التي تظهر فيها جزر محددة بين العروق، بما يسمى نهايات الحزم. قد تنفرع هذه النهايات، في اتجاهات مختلفة. وقد تتركب نهاية الحزمة من وعاء خشبي صغير حلزوني مصحوباً بخلية بارنكيية واحدة تختلف في شكلها عن الخلايا البارنكيية الاسفنجية والعمادية. وتنتهي كثيراً نهاية الحزم بقصية واحدة ذات تغليظ حلزوني أو حلقي. قد توجد قصبيتان متوازيتان عند النهاية الطرفية للحزمة. وفي بعض الأجناس تشتمل نهاية الحزمة الوعائية على قصية واحدة متفرعة.

وتحاط الخليتان بغلاف بارنكيي. العروق الصغيرة ونهايات الحزم تقوم بامداد النسيج المتوسط بالمواد المختلفة والماء وتمتص نواتج التمثيل الضوئي.

غلاف الحزمة BUNDLE SHEATH

باستثناء عدد من النباتات المائية، تحاط الحزم الوعائية في أوراق النباتات ذات الفلقتين بطبقة متماسكة من صف واحد من خلايا بارنكيية رقيقة الجدر تعرف بغلاف الحزمة، ويعرف أيضا باسم بارنكيي الحدود Border parenchyma. قد تحتوي خلايا غلاف الحزمة على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء أو تكون خالية منها. وقد تحتوي بعض خلايا غلاف الحزمة على بلورات. وخلايا غلاف الحزمة تكون متطولة على امتداد الحزمة الوعائية وترتبط مع بعضها في احكام فتشبه في وضعها طبقة الاندودرمس. وهذه الخلايا تكون على اتصال مباشر من سطوحها الداخلية بالعناصر الناقلة في الحزمة الوعائية أو البارنكيي المجاورة وعلى السطوح الخارجية بخلايا النسيج المتوسط.

ويمتد غلاف الحزم حتى نهاية الحزمة الوعائية ويحيط تماما بالقصبيات الطرفية، ولهذا فان الحزم الوعائية لاتلامس المسافات البينية في النسيج المتوسط.

في كثير من النباتات ذات الفلقتين يتصل غلاف الحزمة بالبشرتين العليا والسفلى أو أى منهما بواسطة شريط من نفس خلاياه يسمى امتداد غلاف الحزمة Bundle sheath extension. وفي بعض ذوات الفلقتين، تحاط الحزم الوعائية بمختلف أحجامها بخلايا اسكلرنكيية.

ومن الناحية الفسيولوجية، يمثل غلاف الحزمة طبقة من خلايا حية يمر من خلالها الماء والذائبات الى القصبيات Tracheids والأوعية Vessels والأنابيب الغربالية Sieve tubes واتصال الغلاف بالبشرة يوضح امكانية قيام خلاياه بنقل المواد أيضا الى البشرة. أحيانا، يعتبر غلاف الحزمة غلافًا نشويًا Starch sheath حيث تخزن به النشا. ويبدو أن غلاف الحزمة جزء من النسيج الأساسي.

وتقوم العروق بنقل المحاليل المائية التي تمتصها الجذور الى الأجزاء المختلفة من الورقة، وتجمع المواد الغذائية المجهزة في النصل وتنقلها الى مختلف أجزاء النبات. كما أنها تكسب النصل الدقيق قوة ومتانة تساعدانه في القيام بوظائفه في البناء الضوئي والتفتح، والمحافظة على شكله، وعدم تحطم أنسجته الدقيقة.

أنسجة التدعيم في النصل

تقوم الأنسجة الوعائية، لاسيما الخشب، بالمساعدة في تدعيم النصل وتقويته. ويسهم أيضا في هذا التدعيم، امتدادات أغلفة الحزم الوعائية التي تصل الى البشرة.

أحيانا، خلايا هذه الامتدادات تصبح سميكة الجدر مشابهة في ذلك الخلايا الكولنكيكية. وتقوم الكولنكيما التي توجد أعلى وأسفل الحزم الوعائية بتدعيم نصل الورقة، بالإضافة الى الكولنكيما التي توجد على امتداد حافة النصل.

في بعض الأوراق، توجد خلايا حجرية متفرعة منتشرة خلال النسيج المتوسط، وتسهم في تدعيم النصل الطرى الرقيق. كما تسهم البشرة بخلاياها المتناسكة والتي تغطي سطوحها بطبقة الأدمة، في تدعيم النصل، وقد يزيد سمك جدر خلايا البشرة وتلجنتها في تدعيم الأنسجة العمادية في النصل.

تركيب عنق الورقة

التركيب الداخلي لعنق الورقة يشبه تركيب الساق الحديثة لنفس النبات. فالبشرة تحيط بالنسيج الأساسى الذي يتركب من بارنكيما يتميز فيها القشرة والنخاع ويتركب نسيج التقوية من خلايا كولنكيكية.

كما تنوع أعناق الأوراق في توزيع الحزم الوعائية داخل أجسامها وقد يتركب النسيج الوعائى في العنق غالبا من حزم وعائية منفصلة مرتبة في هيئة حلقة واحدة تماثل وضعها في ساق نفس النبات كما في الجروع Ricinus والجيرانيوم Geranium. وقد توجد حزم اضافية خارج وداخل الدائرة كما في الجوز Juglans وشجرة الجراد Robinia. قد يحتوى العنق على حزمة وعائية واحدة ذات شكل هلالى كما في الزيتون Olea والدخان Nicotiana ويكون الخشب فيها تجاه السطح العلوى.

وإذا كانت الحزمة الوعائية مكونة من خشب ولحاء، يتجه الخشب فيها الى السطح العلوى، أما اللحاء فيكون جهة السطح السفلى. وقد تكون الحزم جانبية Collateral كما في البرسيم Trifolium alexandrinum أو ذات جانبين Bicollateral كما في العائلة القرعية Cucurbitaceae والباذنجانية Solanaceae حيث يقع اللحاء على جانبي الخشب. وإذا كانت الأنسجة الوعائية مرتبة في هيئة حلقة أو قوس كما يظهر في القطاع العرضى، فإن اللحاء دائما يكون للخارج.

وقد يحدث نمو ثانوى في الحزم الكبيرة بعنق الورقة نتيجة لنشاط كامبيوم بين الخشب واللحاء. وإذا وجد غلاف حزمة، فقد يلف الحزم مجتمعة أو كل حزمة على حدة. عدد حزم العنق Petiolar bundles ونظام ترتيبها قد يتغيران من مستوى الى آخر في العنق. أعناق أوراق النباتات التي تنتمى الى بعض العائلات مثل الشفوية Laminaceae تتميز بأن قاعدتها متضخمة في هيئة وسادة حساسة Pulvinus. ويختلف تركيب الوسادة الداخلى عن بقية العنق. والنسيج الوعائى يوجد في وسط نسيج أساسى. ويرجع

التضخم الى زيادة مقدار الخلايا البارنكيميّة. أما الحزم الوعائية فتترتب منفصلة في صورة حلقة.

التركيب الداخلي لورقة نبات الكتان

نبات الكتان *Linum usitatissimum* هو النوع الوحيد ذو الأهمية الاقتصادية في العائلة الكتانية *Linaceae*. فبالإضافة الى أهمية ساق النبات في إنتاج الألياف، فإن البذور يحصل منها على زيت الكتان *Linseed oil* يتراوح مقداره بين ٣٣-٤٣٪ في يخزن الجنين والاندوسبرم.

وزيت الكتان من أهم الزيوت المستخدمة في صناعة البويات، ويستخدم في صناعة الصابون، بالإضافة الى نواحي أخرى. وألياف الكتان تستخرج من سيقان النباتات وتعرف بالألياف اللحاء *Phloem fibers* وتوجد في حزم غير منتظمة الشكل خارج لحاء الحزم الوعائية. قد يبلغ عدد الحزم ٣٠ حزمة، وكل منها يحتوي على حوالي ٢٥ خلية ليفية. يتراوح طول ليفة الكتان *Flax fiber* بين ٣٠-٩٠ سم، وتتركب من عدة خلايا ليفية يتراوح طول الخلية بين ٢٥-٤ سم وقطرها حوالي ١٣-٣٠ ميكرون، جدارها سميك وفجوة الخلية ضعيفة. الألياف ناعمة، مرنة، تتركب أساسياً من السليلوز مع مقدار ضئيل من اللجنين.

وورقة نبات الكتان بسيطة جالسة، صغيرة وضيقة، عديمة الأذنان. العروق الكبيرة للورقة تكون واضحة على السطح السفلي تترتب الأوراق بالتبادل على الجزء العلوي من الساق، بينما تكون متقابلة في الجزء السفلي.

تنشأ ركيزة الورقة *Leaf buttress* كتتوء مخروطي الشكل من النسيج الانشائي الأول *Promeristem*. نتيجة للانقسامات المتوازية لسطح المرستيم القمي في الثلاث طبقات السطحية، والانقسامات العمودية عليه. وباستمرار الانقسام الخلوي في ركيزة الورقة، تصبح البداية الورقية *Leaf primordium* مخروطية الشكل منبسطة. تستمر خلايا هذه البداية في الانقسام حتى يصبح طولها حوالي ١/٥ الورقة العادية، حيث يتركز الانقسام في الأجزاء الجانبية والظهرية للبداية، وبذلك يتكون النصل.

النسيج المتوسط للنصل ينشأ عن انقسامات الخلايا الداخلية في جميع المستويات.

وتزداد خلايا النسيج المتوسط في الاستطالة، وتتكشف أشرطة الكامبيوم الأول *Pro-cambium* التي تميزت مبكراً في مرحلة البداية الورقية، الى حزم وعائية.

ولا يتوقف الانقسام الخلوي كلياً مرة واحدة خلال مرحلة تكوين الورقة، ولكن يتوقف النمو القمي *Apical growth* في أول الأمر، ثم عند القاعدة، ثم في الجزء الأوسط

القاعدى للنصل .

وتحدث استطالة الورقة بعد توقف الانقسام الخلقى، نتيجة للنمو البنى حيث تحدث زيادة في حجم الخلايا واستطالتها ثم انفصالها بعضها عن بعض . النسيج المتوسط الناضج يتركب من أربع طبقات من الخلايا المحتوية على البلاستيدات الخضراء، وهو غير متميز الى عمادى واسفنجى .

والبدايات الورقية المتتالية تكون في أول الأمر متجاورة جدا من بعضها لدرجة أن عشرة أو أكثر من السلاميات والعقد توجد في منطقة طولها حوالى ١٠ أو أكثر من المليمتر.

والبشرة في الورقة، طبقة واحدة، خلاياها غير متائلة في الحجم، تكسوها طبقة من الكيوتين . الثغور عديدة تكاد تكون متساوية في العدد على سطحى النصل . الثغر يحاط بعدد من الخلايا المساعدة التي تساعد جذورها الرقيقة في عملية انفتاح الثغر وغلظه .

النسيج المتوسط للورقة يتركب من حوالى أربع طبقات من الخلايا ذات الجدر الرقيقة، تحصر بينها مسافات بيئية واسعة تتباين في حجمها . والصفة المميزة للنسيج المتوسط أنه غير متميز الى عمادى واسفنجى ، فالخلايا كلها اسفنجية غنية بالبلاستيدات الخضراء، متطاولة وتكاد تكون متائلة في الشكل .

والحزم الوعائية في الورقة من النوع الجانبى . ويمتد في النصل شبكة من العروق يتألف منها جهاز معقد التركيب من حزم متنوعة في الحجم . حزمة العرق الوسطى Mid-vein وأحيانا الحزمة الوعائية في كل من العرقين الكبيرين الجانبيين، قد يتكون فيها نمو ثانوى ضئيل . المسار الوعائى للورقة يتركب من ثلاث مسيرات ورقية كبيرة، قد تمتد في حوالى ١٥-٢٠ عقدة في نسيج القشرة بالساق .

التركيب التشريعى للورقة ذات الفلقة الواحدة

أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة Monocotyledons يظهر فيها تباينا كبيرا في الشكل والتركيب . فكثر من الأنواع تتركب الورقة فيها من عتق ونصل مثل الكنا Canna والفلقاس Colocasia esculenta والبوتس Pothos وأنواع النخيل وهى خالية من الأذنيات . ومعظم ذوات الفلقة الواحدة تتركب الورقة فيها من نصل وغمذ Sheath . وعروق أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة تكون غالبا متوازية، ومع هذا، توجد حالات ظاهرة تشذ عن ذلك . وتوجد أنواع خاصة من أوراق ذوات الفلقة الواحدة مثل الأوراق الأنبوبية التي يتميز بها نبات البصل Allium والرنجس Narcissus .

في النباتات المائية Hydrophytes من ذوات الفلقة الواحدة تشبه الأوراق في تركيبها

العام نظيرتها في ذوات الفلقتين. فمثلا، ورقة نبات السوسن *Lilium* غير متماثلة الجانبين *Dorsiventral* ويوجد النسيج العماى تجاه السطح العلوى. ورقة الموز *Musa sapientum* سمكية تتميز بأن النسيج العماى فيها يتركب من بضع طبقات، مع منطقة واسعة من البارنكيا الاسفنجية تكثر بينها الفراغات البينية. وفي البصل *Allium cepa* يتركب النصل من طبقة عمادية وثلاثى طبقات من البارنكيا الاسفنجية تتخللها تراكيب حليب نباتى.

وأوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة ذات أشكال مختلفة تبدو كأنها متخصصة، فمثلا، في ورقة الزنبق *Lilium* يكون النصل منبسطا، والحزم الوعائية توجد مقلوبة على أحد جانبي الورقة بالنسبة للجانب الآخر.

ونبات السوسن *Lilium* أوراقه أنبوبية، والنسيج العماى يوجد تحت البشرة حول محيط الورقة، وتحتة يوجد النسيج الاسفنجى. والجزء الأوسط من الورقة عبارة عن تجويف يحيط به بقايا الخلايا التي كانت تشغله.

وكثير من ذوات الفلقة الواحدة يتكون في أوراقها مقادير كبيرة من الألياف لدرجة أنها تستخدم أحيانا كمصدر اقتصادى للألياف الجلادة. هذه الألياف تسمى ألياف الأوراق *leaf fibers* وهي ذات جدر ملجننة جامدة، كما في قنب مانيل *Musa textilis* والسيال *Agave sisalana* ونخيل الرافيا *Raphia vinifera*.

والألياف أما أن تكون مرتبطة بالحزم الوعائية أو أشرطة منفصلة عنها.

وتتميز الغالبية العظمى من أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة بالترقيق المتوازي، وتتصل الحزم الوعائية للعروق عرضيا بواسطة حزم صغيرة. كما تحاط الحزمة الوعائية في معظم ذوات الفلقة الواحدة بغلاف حزمة *Bundle sheath*. ففي النباتات النجيلية يتركب غلاف الحزمة من طبقتين من الخلايا، الخارجية خلاياها رقيقة الجدر بارنكيمي، كما في ذوات الفلقتين، تحتوى على بلاستيدات خضراء، الداخلية سمكية الجدر خالية من البلاستيدات.

ولأبتميز النسيج المتوسط في الغالبية العظمى من أوراق ذات الفلقة الواحدة الى نسيج عماى وآخر اسفنجى، باستثناء حالات قليلة كما في السوسن *Lilium* والموز *Musa*.

والبشرة قد يوجد بها خلايا سمكية الجدر طويلة فوق أشرطة الألياف مما يودى الى أن يتكون عن هذه الخلايا مع غيرها من الألياف والحزم الوعائية عارضة أو كمرا *Girders* يمتد خلال سمك النصل. وتتركب البشرة من صف واحد من الخلايا، وتوجد الثغور

على كل من البشريتين العليا والسفلى، وأحيانا، كما في القمح *Triticum* يكون عددها على البشرة العليا أكبر منه على السفلى. وفي بعض النجيليات الصحراوية تختفى الثغور من السطح السفلى كلية.

التركيب التشريحي لأوراق النجيليات

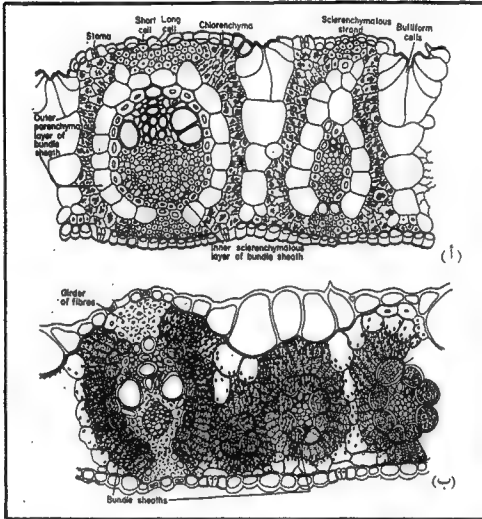
تركب ورقة النباتات النجيلية من نصل طويل شريطى بالإضافة الى غمد *Sheath* يحيط بالساق. وعادة توجد زائدة غشائية عند موضع التقاء النصل بالغمدة تسمى اللسين *Ligule*. كما توجد، غالبا، أذنتان *Auricles* بين النصل والغمدة. وحافة النصل كاملة والقمة حادة.

ويتكون نصل الورقة من هيكل من الخزم الوعائية المتوازية الموزعة في النسيج المتوسط. وجميع الخزم متساوية تقريبا في الحجم، وتتبادل الوضع مع بعضها كما تتبادل الوضع أيضا مع الخزم الأصغر حجما. كما تتصلل الخزم الوعائية ببعضها عرضيا بواسطة خزم صغيرة. وتعتبر خزمة العرق الوسطى هي الخزمة الكبرى وتبرز قليلا على السطح السفلى للورقة.

تركيب البشرة في ورقة النجيليات

تتألف البشرة في النجيليات من بضعة أنواع من الخلايا تختلف في التركيب. فالنسيج الأساسي في البشرة، الخلايا العادية، يتركب من خلايا ضيقة متطاولة، عادة تكون جذرها القطرية قوية ومعرجة. وتوجد خلايا أخرى متخصصة تسمى الخلايا اللافة *Bulliform cells* (شكل ١٠٥). تختلف هذه الخلايا عن بقية خلايا البشرة بحجمها الكبير وجذرها الرقيقة وفجواتها العصارية الواسعة، وهي غالبا خالية من البلاستيدات الخضراء، وفقيرة في المحتويات الصلبة، فيندر وجود البلورات أو الدباغ بها. هذه الخلايا توجد في أخاديد بين العروق، والخلايا الوسطى منها هي الأكبر حجما. على جانبي كل مجموعة من الخلايا اللافة توجد خلايا يتدرج نوعها بين الخلايا اللافة وخلايا البشرة العادية. الجدر الخارجية للخلايا اللافة تشبه الجدر الخارجية لبقية خلايا البشرة من حيث سملك طبقة الكيوتين. بالإضافة إلى وجود خلايا السليكا *Silica cells* وخلايا الفلين *Cork cells*.

وتترتب الثغور، عادة في صفوف طولية وتوزع غالبا في كل من البشرة العليا والسفلى. وغالبا يكون عدد الثغور على البشرة العليا أكبر منه على البشرة السفلى كما في القمح، وقد يتساوى عدد الثغور تقريبا على كل من السطحين كما في الشوفان *Avena sativa* في أوراق عدد من النباتات الصحراوية تختفى الثغور من السطح السفلى كما في



(شكل ١٠٥): أ - جزء من قطاع عرضي في نصل ورقة نبات نجيلي يوضح أن غلاف الحزمة يتكون من طبقتين، الخارجية بارنكيمية والداخلية اسكلرنكيمية. لاحظ الخلايا اللاقة في البشرة العليا.
ب - غلاف الحزمة الوعائية يتكون من طبقة واحدة من خلايا كلورنكيمية.

نبات قصب الرمال Calamagrostis. والخلايا الحارسة للشعور تكون في صورة دمبلات Dumbells ضيقة في الوسط وسميكة الجدر بينما تكون متسعة مستديرة الطرفين رقيقة، ومحاط الشعير بخليتين مساعدتين. المحاور الطولية للشعور تكون موازية لمحور الورقة وتترتب في صفوف متبادلة مع صفوف من خلايا البشرة.

كما توجد أنواع مختلفة من الشعور بالبشرة في كثير من أوراق النجيليات، كما توجد

زوائد قصيرة صلبة ذات قمة حادة تعطي سطح الورقة ملمسا خشنا.

النسيج المتوسط Mesophyll

وهو غير متميز الى نسيج عمادى أو اسفنجى . وفي بعض النباتات، توجد طبقة شبة عمادية تحت البشرة مباشرة عند سطحى الورقة أو عند سطح واحد (العلوى عادة) . هذه الخلايا متساوية الأقطار تقريبا ومرتبطة بإحكام . أما خلايا النسيج الاسفنجى فهي غير منتظمة الشكل .

والحزم الوعائية تحاط غالبا بغلاف حزمة Bundle Sheath يتربك من طبقتين من الخلايا، الخارجية بارنكيميائية رقيقة الجدر تظهر متساوية الأقطار في القطاع العرضى ، وطويلة في القطاع الطولى، بها بلاستيدات خضراء، بينما الداخلية سمكية الجدر مشربة باللجنين وخالية من البلاستيدات الخضراء (شكل ١٠٥) . في بعض الأنواع، يتربك هذا الغلاف من طبقة واحدة من خلايا رقيقة الجدر . وفي بعض الأنواع الأخرى، يوجد غلاف من طبقة واحدة من خلايا رقيقة الجدر يحيط بالحزم الوعائية الصغيرة .

ويتربك نسيج التقوية (التدعيم) في أوراق النجيليات من خلايا اسكلرنكيميائية، غالبا تكون مصاحبة للحزم الوعائية . وتوجد الألياف في صورة أشرطة على كل من جانبي الحزم الوعائية الكبيرة وتمتد حتى البشرة على سطحى الورقة . الحزم الكبيرة قد تكون محاطة بألياف ترتبط بأشرطة الألياف على جانبي الحزمة الوعائية . الحزم الصغيرة قد تتصل بشريط واحد من الألياف على السطح السفلى . في بعض الأنواع، توجد مجموعات من الألياف تحت البشرة على جانبي الحزم الوعائية غير أنها منفصلة عنها بالنسيج المتوسط . بالإضافة الى الألياف المرتبطة بالحزم الوعائية، توجد الألياف على امتداد حافتي الورقة . في بعض النباتات الصحراوية مثل فستوكا Festuca توجد طبقة من الألياف على امتداد السطح السفلى للورقة .

TRITICUM SPP.

التركيب الداخلى لورقة نبات القمح

نبات القمح هو أحد النباتات ذات الأهمية الاقتصادية التي تنتمى الى العائلة النجيلية Poaceae . الورقة تتركب من غمد Sheath ولسن Ligule ونصل Blade . يتميز في النصل الأنسجة الثلاث وهى البشرة والنسيج المتوسط والنسيج الوعائى .

١ - البشرة Epidermis وتغطي سطحى النصل، العلوى والسفلى، وهى طبقة واحدة في كل من السطحين، تغطي خلاياها طبقة من الكيوتين تكون أكثر سمكا على السطح السفلى منها على العلوى . وتترتب خلايا البشرة في صفوف طويلة تمتد موازية لسطح النصل الطويل، بعض هذه الخلايا المتطاوله قد يتكون عنها

صفوف متصلة على امتداد النصل أو يفصلها عن بعضها، على مسافات، الخلايا المربعة. هذه الخلايا القصيرة توجد أيضا بين الصفوف الطولية للثغور. أما شعور البشرة، اذا وجدت، فتكون متباعدة الأطوال، وتنشأ من السطح.

والسطح الظهري للنصل يكون مضلعا الى حد ما بينما السفلى يكون مستويا. في مجاميف السطح العلوى يوجد صف أو صفان من الثغور بين حزم من الخلايا الالفة Bulliform. حزمة الخلايا الالفة تتركب من ثلاث الى سبع خلايا في العرض، جدرها أقل سمكا من جدر خلايا البشرة المجاورة، وهى أقل طولاً من خلايا البشرة الطويلة، غير أنها أكبر حجما من بقية خلايا البشرة عندما تشاهد في القطاع العرضى.

وعدد الثغور على السطح العلوى يكون أكبر منه على السطح السفلى (حوالى ٣٣ ثغر في المليمتر المربع على السطح العلوى بينما ١٤ ثغر على السفلى). يتركب الثغر من خليتين حارستين ضيقتين تحيط بهما خليتين مساعدتين.

وبشرة السفلى مستوية خالية من أى بروزات ولا تحتوى على خلايا لافة. بالإضافة الى ذلك، فإن الجدر الخلوية تكون أكثر سمكا من جدر خلايا البشرة العليا، وتوجد الثغور عادة في صفوف فردية.

٢ - النسيج المتوسط Mesophyll وخلاياه كلورنكيمية جميعها من نوع واحد ومتنظمة في الشكل، ومع هذا، فإن الخلايا الملاصقة لكل من البشريتين العليا والسفلى تكون متطاولة نوعا فتشبه بذلك الخلايا العمادية.

وتوجد غرف هوائية تحت الثغور تتعمق في النسيج المتوسط قريبا من منتصفه.

٣ - النسيج الوعائى Vascular System وتتميز الحزم الوعائية التي توجد بالنصل بحجبان، تمتد موازية لمحور النصل الطويل. وتوجد حزم صغيرة عرضية تصل الأشرطة الطولية للحزم التي قد تتفرع أحيانا أو تلتقى عند قمة النصل. والحزم الوعائية جميعها جانبية Collateral bundles. والحزم الكبيرة يوجد بها وعائين حلقيين Annular vessels أو حلزونيين Spiral vessels يمثلان الخشب الأول، وعائين جانبيين كبيرين يمثلان الخشب التالى وتغليظهما مفرق Pitted ويوجد بينهما مجموعة من عدة قصبيات منقورة. يحاط الخشب الأول Protoxylem بخلايا بارنكيمية. واللحاء يتركب من أنابيب غربالية رفيعة وخلايا مرافقة. ولا توجد أنابيب غربالية أو خلايا مرافقة في الحزم العرضية، وإنما تتركب من بضع خلايا بارنكيمية. وتحاط الحزم الوعائية بغلاف حزمة Bundle sheath يتركب من طبقتين؛ الداخلية تتركب من خلايا متطاولة ذات جدر سميكة بينما الخارجية خلاياها بارنكيمية رفيعة الجدر خالية من البلاستيدات الخضراء.

وتوجد أشربة من الألياف أعلى وأسفل الحزم الوعائية، كما يوجد شريط من الألياف على امتداد حافة النصل ملاصق للبشرة من الداخل. وقد تصل أشربة الألياف حتى البشرة.

واللسين Ligule زائدة غشائية صغيرة لا تتجاوز بضعة ملليمترات، غير وعائية توجد على امتداد منطقة اتصال النصل بالغمد، وخلاياه بارنكيمية رقيقة الجدر. يبلغ سمك اللسين عند قاعدته حوالي ٣ أو ٤ خلايا، وهو خال من الثغور أو الشعور. والحافة الخالية للسين تكون أحيانا مشرشرة نتيجة لاستطالة خلاياها.

LEAF ABSCISSION

انفصال الأوراق

من الصفات الهامة التي تتميز بها النباتات مغطاة البذور، التساقط الطبيعي المتكرر للأعضاء الخضرية والتكاثرية. وانفصال الأوراق يمثل ظاهرة دائمة الحدوث في النباتات مغطاة البذور لاسيما ذوات الفلقتين الخشبية. ففي النباتات متساقطة الأوراق Deciduous plants تنفصل الأوراق موسميا عند نهاية الخريف. أما في دائمة الخضرة Evergreens فتفصل الورقة بعد مرور حوالي سنة أو أكثر من نشأتها، كما يحدث الانفصال أيضا في النباتات العشبية، ذوات الفلقتين، مثل الكوليس Coleus والبيجونيا Begonia. ولا تعيش الأوراق طويلا في بعض النباتات الصحراوية فتفصل بعد بضعة أسابيع من نشأتها. في معظم الأنواع العشبية، مع هذا، تبقى الأوراق بعد موتها، وتفقد عن طريق التحلل وهي على ساق النبات، وقد تسقط بعوامل ميكانيكية.

وتنفصل الأوراق في الأشجار والشجيرات متساقطة الأوراق عند اقتراب الشتاء نتيجة لضعف الامتصاص بواسطة الجذور كنتيجة لانخفاض درجة الحرارة والنهار القصير، وزيادة النتح بتأثير شدة الرياح. وكثيرا يؤدي الجفاف الشديد، في فصل الصيف، إلى سقوط الأوراق في الأشجار والشجيرات.

وانفصال الأوراق ظاهرة تتضمن حدوث تغيرات تركيبية تؤدي إلى الانفصال الفعلي للورقة ثم حماية السطح المعرض بعد سقوطها، من الجفاف والاصابة بالكائنات الدقيقة الحية. ففي الأوراق البسيطة، تنفصل الورقة عادة بتكون طبقة انفصال Abscission layer عند أو قريبا من قاعدة عنق الورقة. وفي الأوراق المركبة، تتكون طبقة الانفصال عند قاعدة نصل كل وريقة، ثم يليها تكوين طبقة انفصال عند قاعدة كل عنق Petiole وفي النهاية تتكون هذه الطبقة عند قاعدة عنق الورقة. ويبدأ الانفصال في الوريقات من قمة الورقة المركبة في اتجاه القاعدة. يتضح من ذلك أن عدد مناطق الانفصال يختلف بين واحدة فقط في الورقة البسيطة وأكثر من ذلك في الورقة المركبة.

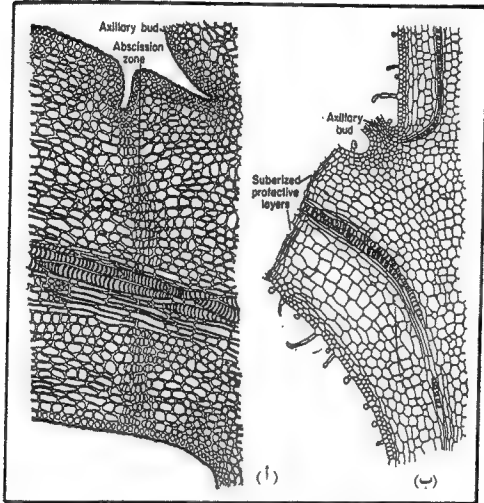
ولقد وجدت ٤٠٠٠ أربع آف منطقة انفصال في ورقة من أحد أنواع جنس *Acacia* وهي مركبة ريشية زوجية *Dipinnately compound* طولها حوالى ١٥ سنتيمتر.

ويمكن تمييز منطقة الانفصال خارجيا على سطح عتق الورقة في هيئة مساحة محدودة ضيقة، خضراء باهتة اللون. وفي الأنواع الحشيشية، تبدو منطقة الانفصال متميزة بوجود تجويف ضيق عند قاعدة عتق الورقة. وتعتبر منطقة الانفصال، من حيث التركيب، أضعف جزء في عتق الورقة، حيث تنعدم فيها الخلايا الاسكلرنكسية والكلونكسية. وتختص منطقة الانفصال بقطع الصلة بين الورقة والساق.

وتنشأ طبقة الانفصال قبل انفصال الورقة ببضعة أيام أو أسابيع. في بعض النباتات، تنشأ طبقة الانفصال قبل اتساع البصلة، فتصل الورقة الى مرحلة نضجها وبها منطقة الانفصال. تتربك هذه الطبقة من صف أو أكثر من الخلايا البارنكسية، صغيرة الحجم، رقيقة الجدر، محكمة التلاصق، ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة. يخلط هذه الخلايا عن التي فوقها وغيرها التي تحتها، وبها حبيبات نشا وفيرة كما في الفاصوليا *Phaseolus* والكوليس *Coleus* (شكل ١٠٦)، بالإضافة الى السليلوز والهيميسليلوزات ومركبات البكتين في جدر الخلايا، ويتربس السوربين في الخلايا البارنكسية للمقشرة والنخاع والخشب واللحاء في صورة غشاء رقيق يطن الجدر الخلوية. وقد يترسب السوربين في المسافات البينية. وكثيرا تمتلئ تجاويف العناصر الناقلة بالتيلوزات والصمغ، وبذلك تغلق جميع التجاويف التي قد تكون طريقا لانساب العصير الخلوى بعد سقوط الورقة.

أحيانا، تمتلئ تجاويف العناصر الغربالية بمواد تانينية. وتعتبر منطقة الانفصال جزءا ضعيفا عند قاعدة عتق الورقة. ومع هذا، فقد أوضحت البحوث أن هذه المنطقة تماثل في قوتها بقية مناطق العتق، وفي بعض النباتات، تنشأ هذه المنطقة في جزء من العتق يتميز بأقوى ترتيب للحزم الوعائية.

وتوجد ثلاثة أنواع من التغيرات البيو الكيماوية التي تحدث في جدر خلايا طبقة الانفصال تمهيدا لانفصال الورقة، تتضمن في احداها انتفاخ الصفائح الوسطى بين الخلايا المتجاورة في طبقة الانفصال، وتصبح هلامية ثم تتحلل وتذوب، الأمر الذي يؤدي الى تفككها. ولقد وصف هذا التغير في الصفائح الوسطى بأنه يتضمن تحول بكتنات الكالسيوم الى حامض البكتيك والآخر يتحول الى بكتين يذوب في الماء. والسليلولوز في الجدر يصبح في صورة جيلاتينية الأمر الذي يؤدي الى انفصال الخلايا عن بعضها على طول امتداد الصفيحة الوسطى دون أن تنكسر الخلايا أو تتحطم. ونتيجة لهذه التغيرات، يصبح اتصال الورقة بالفروع مقتصر على البشرة والعناصر الوعائية.



(شكل ١٠٦): أ - قطاع طولى في قاعدة ورقة نبات البرقوق يوضح الخلايا التي تنقسم لتكون طبقة الانفصال.

ب - قطاع طولى في جزء من ساق نبات الكوليس شاملا قاعدة الورقة بعد انفصالها.

ويتحطم هذا الاتصال تتمزق العناصر الوعائية تحت ثقل الورقة أو ميكانيكيا بفعل الرياح.

وفي بعض النباتات، تتحلل وتذوب الطبقة الوسطى والجدار الابتدائي بين خليتين، وبذلك تصبح الخلايا منفصلة تماما الواحدة عن الأخرى. وفي حالات أخرى، تذوب خلايا طبقة أو أكثر في منطقة الانفصال.

التغيران الأول والثاني في عملية انفصال الورقة، تحدث في النباتات الخشبية. أما التغير الثالث فيحدث في بعض النباتات العشبية. وتبعاً لذلك، فإن انفصال الأوراق

يكون راجعا الى حدوث تغير وفي التركيب يتبعه تمزق ميكانيكى . في بعض النباتات ، كما في الفاصوليا Phaseolus قد تحدث التغيرات الثلاثة في وقت واحد .

ويبدأ انفصال الخلايا في أى من أنسجة طبقة الانفصال . فمثلا ، في الكوليس Col-eus يبدأ الانفصال على السطح السفلى للعنق ويمتد تدريجيا في البشرة والقشرة حتى يصبح العنق قائما على القشرة العليا والعناصر الوعائية . وفي الفاصوليا Phaseolus يحدث الانفصال أولا في خلايا النخاع ، ويمتد منه الى الأنسجة الوعائية ثم القشرة . وفي القطن Gossypium يبدأ الانفصال على السطح العلوى للعنق .

وفي بعض النباتات متساقطة الأوراق ، يتأخر سقوط الأوراق في موسم تساقطها ، كما يحدث في بعض أنواع جنس البلوط Quercus ويرجع ذلك الى توقف التغيرات التي تحدث في خلايا طبقة الانفصال حتى حلول فصل الربيع . وقد تبقى الأوراق في بعض ذوات الفلقتين على الساق لفترات طويلة كما في الدخان Nicotiana .

تكوين المنطقة الواقية

حماية السطح المعرض من الجفاف والطفيليات ، بعد انفصال الورقة ، يتم بتكوين طبقات حماية ذات أصل ابتدائي وأصل ثانوى عادة (شكل ١٠٦) .

وتحدث التغيرات الخلوية المرتبطة بتكوين طبقة الحماية ابتدائية النشأة عن طريق تلجنن جدر ثلاث أو أربع طبقات من البارنكيا التي تقع تحت طبقة الانفصال ، كما ترسب داخل هذه الخلايا طبقة رقيقة من السوبرين ، وتختفى محتوياتها الحية تدريجيا . وقد ترسب مواد أخرى مثل الكيوتين والدباغ ، كما تظهر التيلوزات عادة في العناصر الوعائية لنسيج الخشب . هذه الطبقات الخلوية يتكون عنها معا طبقة حماية ابتدائية النشأة على السطح المعرض بعد سقوط الورقة .

وحيثما يتم تكوين الطبقة الملجننة المسورة ، تدعم هذه الطبقة بظهور طبقة ثانوية المنشأ ، هى البريدرم Periderm من الخلايا الواقعة تحت طبقات الحماية ابتدائية النشأة . وطبقات الفلين التي تتكون من الكامبيوم الفلينى ، وهو ثانوى المنشأ ، الذي ينشأ في صفوف الخلايا البارنكيمي التي تقع تحت طبقة الحماية ، تتصل مع نظيرتها التي تتكون على فرع النبات . كما يتكون أيضا خلايا قشرة ثانوية داخلية من الكامبيوم الفلينى Phellogen . وتختلف التغيرات التركيبية التي تحدث عند انفصال الأوراق باختلاف نوع النبات .

الفصل السابع عشر

تكيف النباتات لعامل الماء

- النباتات المائية
- النباتات المغمورة
- النباتات الطافية
- النباتات البرمائية أو المنبثقة
- التكاثف في النباتات المائية
- النباتات الوسيطة
- النباتات الجفافية
- النباتات العصيرية
- نباتات الكنبان الرملية

الفصل السابع عشر

تكيف النباتات لعامل الماء

توجد في الطبيعة بضعة أنواع من بيئة النبات تختلف أساسا في محتواها المائي . ولا ينمو ولا يزدهر أى نوع من النباتات الا في البيئة التي يتوفر فيها القدر المناسب من الماء الذي يكون متوافقا مع احتياجاته . خلال مراحل التطور استطاعت أعداد كبيرة من النباتات أن تكيف نفسها بتحور في صفاتها التركيبية لتعيش في بيئات ذات موارد مائية غزيرة، وأخرى تعيش تحت وطأة الجفاف الشديد.

وتوجد طرز نباتية يحددها التكيف للماء . فالنباتات التي تعيش مغمورة في الماء كليا أو جزئيا أو طافية فوق السطح تعرف بالنباتات المائية، أما التي تعيش في بيئة مواردها المائية محدودة فتحور تركيبها ليتواءم مع نقص المحتوى المائي فتعرف بالنباتات الجفافية . وتعيش الغالبية العظمى من النباتات في بيئة تتميز بمورد مائي متوسط، كما في نباتات الحقول والبساتين والمراعى، لا يزيد الى حد الزيادة عن الحاجة، ولا ينقص الى حد الجفاف، فانها تعرف بالنباتات الوسيطة .

HYDROPHYTES (Hudor = Water; Phyton = نبات) النباتات المائية

وتشمل النباتات التي تعيش في بيئة ذات موارد مائية غزيرة . فهي تعيش اما مغمورة في الماء، غمرًا تامًا أو جزئيًا، أو في التربة المغطاة بالماء أو التي تكون مشبعة به . ويمكن تقسيم النباتات المائية من حيث علاقتها بالماء والهواء الى ثلاث فئات (١) النباتات المغمورة، (٢) النباتات الطافية، (٣) النباتات المنبتقة أو البرمائية .

وتتركز التكيفات البيئية في النباتات المائية، أساسا، في اختزال الأنسجة الناقلة والدعامة، وزيادة كبيرة في حجم الفراغات الهوائية في أنسجة المجموع الخضري والتي قد يصل مقدارها الى حوالى ٨٠٪ . ويبلغ مقدار الرطوبة في هذه النباتات حوالى ٩٠٪ .

ولكل من فئات النباتات المائية بيئة الخاصة ومظهره وتركيبه المتميز.

Submerged Plants

(١) النباتات المغمورة

تعيش أجسام بعض النباتات المائية مغمورة كلياً تحت سطح الماء، ومن أمثلتها نبات الألوديا *Elodea spp.* وحامول الماء *Urticularia spp.* ونخشوش الحوت *Ceratophyllwin* ولسان البحر *Potamogeton*. وأهم ما تعانيه النباتات المغمورة صعوبة الحصول على الأكسجين من الوسط المائي الذي تنمو فيه لقلة الذائب منه في الماء (حوالي ٦ سم^٣ / لتر)، ويقل عن ذلك في الماء الراكد.

الصفات التركيبية (المورفولوجية) للنباتات المغمورة

النباتات المغمورة عمراً تاماً، تختلف عن الشكل والتركيب الذين تتميز بهما النباتات الوسيطة عادة والتي نوجزها في:

١ - الجذور: تكون مختزلة بدرجة كبيرة، قليلة التفرع أو غير متفرعة، خالية من الشعيرات الجذرية، وهي عادة عرضية، وأحياناً تكون غير موجودة كما في نخشوش الحوت *Ceratophyllum*. وكثيراً ما تستبدل الفلنسوة بتركيب جذري واطئ يسمى جيب الجذر *Root pocket*.

٢ - سيقان النباتات المغمورة تكون عادة طويلة ورفيعة، خضراء اللون.

٣ - الأوراق تكون صغيرة جداً ورقيقة، وكثيراً ما تكون خيطية شريطية الشكل أو مجزأة الى خيوط رفيعة، وبذلك يتكون سطح ورقي كبير نسبياً ملاصق للماء كما في حامول الماء *Urticularia* ولا تسبب مقاومة كبيرة للتيارات المائية، ولا تتعرض للتمزق. وعادة لا يتجاوز سمك الورقة طبقتين أو ثلاث، وتتميز بارتفاع النسبة بين مساحة سطحها وبين كمية الأنسجة التي تكونها.

أما الصفات التشريحية للنباتات المغمورة فهي متحورة بدرجة كبيرة (شكل ١٠٧)، وفيما يلي عدد من التحورات التركيبية التشريحية لهذه النباتات:

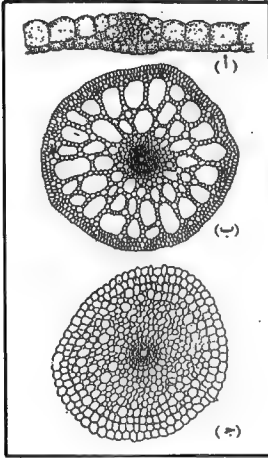
١ - البشرة *Epidermis* وتتركب في جميع أعضاء النبات من خلايا رقيقة الجدر، لا تكسوها أدمة *Cuticle* ولهذا فهي طبقة غير وقائية. جدر الخلايا سليلوزية، ولهذا فهي تقوم بامتصاص الغازات والمواد الغذائية من الماء مباشرة. خلايا البشرة تحتوي عادة على بلاستيدات خضراء. الثغور غالباً تكون غائبة أو أثرية لا تقوم بوظيفتها، ويتم التبادل الغازي خلال الجدر الخلوية مباشرة. وإذا كانت جذور النبات مثبتة في التربة فإنها تحصل على جانب من الغذاء من التربة مباشرة، ولا تتسور الأجزاء المسنة حتى تصبح غير منفذة، وتحفظ بقدرتها على

الامتصاص طول حياتها.

٢ - **القشرة Cortex** : القشرة في الجذور عريضة، وتشكل في الساق مساحة أكبر كثيرا من مساحة الأسطوانة الوعائية، وتوجد في خلاياها بلاستيدات خضراء. وأهم ما تتميز به القشرة في الساق وجود غرف هوائية كبيرة تمتلئ بالغازات، تساعد في تخفيف وزن النبات وتعويمه ومقاومته لضغوط التيارات المائية. تترب القشرة في الساق من بارنكيا هوائية Aerenchyma (شكل ١٠٧) جدرها رقيقة جدا. تنتشر الغرف الهوائية في الساق وأعناق الأوراق، ويفصلها عن بعضها البعض حواجز لا يتجاوز سمكها خلية واحدة أو خليتين. وقد تمثل هذه الغرف الهوائية أكثر من ٨٠٪ من أنسجة النبات، وهي مستودعات تحتفظ بالأكسجين الناتج من عملية البناء الضوئي لكي يستخدم في عملية التنفس، وقد تحتفظ بجانب من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس للاستفادة منه في عملية البناء الضوئي أثناء النهار. وتساعد الفراغات الهوائية النبات على بقاءه عائما في الماء. وإذا وجدت الجذور فإن القشرة بها تحتوي أيضا على فراغات هوائية، وبذلك تنتشر هذه الغرف في جميع الأعضاء الخضرية.

والنباتات المغورة، خالية من الكامبيوم الوعائي أو الفليني، وبذلك لا يحدث فيها نمو ثانوي، ولا يتكون الفلين، والذي يعيق عملية الامتصاص للماء ومرور الغازات. ٣ - **النسيج المتوسط في الورقة Mesophyll** وهو غير متميز إلى بارنكيا عمادية أو اسفنجية، خلاياها كلها اسفنجية، غنية بالبلاستيدات الخضراء. ويحتوي النسيج المتوسط على فراغات هوائية تخزن فيها الغازات لعملية التنفس والبناء الضوئي، كما تساعد في تعويم الورقة. والجزء الأكبر من الامتصاص يتم من خلال السيقان والأوراق. ولا توجد أنسجة تقوية في النسيج المتوسط، ومع هذا، فقد توجد حزم ميكانيكية على امتداد حواف الأوراق حيث تكسبها قوة في الشد.

٤ - **الجهاز الوعائي Vascular System** وهو ضعيف التكوين في السيقان. والحزم الوعائية الليفية غير موجودة، وإنما توجد حزمة وعائية واحدة وسطية، عادة مركزية الخشب Amphicribal كما في نخشوش الحوت Ceratophyllum والالوديا Elodea. والخشب يكون مختزلا، مثله فجوة خشب تظهر بوضوح مكان الخشب في صورة قناة تتج من تكسر وتحلل عناصر الكامبيوم الأول Procambium وتحيط بهذه الفجوة خلايا بارنكيمية كبيرة الحجم ويلبها اللحاء إلى الخارج حيث يتكون من أنابيب صغيرة غרבالية وخلايا بارنكيمية. ولا توجد حزم وعائية قريبا من محيط الساق، كما في النباتات الوسيطة، فالقشرة تشغل الجزء الأكبر من محيط الساق،



(شكل ١٠٧): تفاصيل تركيب الألويا (أ) قطاع عرضي في ورقة يوضح الحزمة الوعائية اللينة المختزلة. (ب) قطاع عرضي في الساق. لاحظ وجود البلاستيدات الخضراء في البشرة ووفرة العناصر الاسكلرنكيمية في القشرة الكثيرة نسبيا. تتكون الأسطوانة الوعائية كلية من خلايا رقيقة الجدر غير متميزة الى خشب ولحاء ويشغل مركز الأسطوانة الوعائية عمرا خلوي وفي، (ج) يشاهد قطاع عرضي في الجذر، يبين الأسطوانة الوعائية المختزلة كثيرا. وكذلك الممرات الهوائية في القشرة.

فيزداد نشاطه في عملية البناء الضوئي .

٥ - الأنسجة الميكانيكية Mechanical Tissues الخلايا الاسكلرنكيمية عادة غير موجودة. وقد توجد خلايا كولنكيمية في مركز الساق لتقاوم قوة الشد. ولهذا فان هذه النباتات تنهار غالبا اذا أخرجت من الماء لعدم وجود أنسجة ميكانيكية. وقد توجد حزم من الألياف على امتداد حواف الأوراق.

(٢) النباتات الطافية

Floating Plants

وهي نباتات تطفو حرة فوق سطح الماء، طرات على أجسامها تمورات في الشكل والتركيب شملت أجزاءها الهوائية، الأمر الذي جعل حياتها ميسورة.

وتعتبر نباتات جنس Eichhornia (الهياسنت) وأجناس عائلة عدس الماء Lem-naceae نماذج للنباتات الطافية.

ففي نبات ورد النيل Eichhornia crassipes يوجد للنبت جذور عديدة، بينما في

عدس الماء *Lemna minor* يوجد جذر واحد، وفي جنس *Wolffia* لا توجد جذور في نباتاته. مثل هذه الجذور تكون عديمة الشعيرات الجذرية، وتتميز بوجود جيوب جذرية *Root pocket* تغطي أطرافها وتشبه القلنسوة الجذرية في النباتات الأرضية. وهذه النباتات تميل إلى التجمع وتوجد بأعداد كبيرة، وتحركها تيارات المياه والهواء.

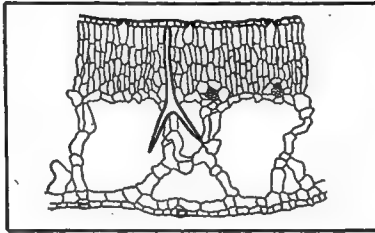
ويطفو نبات ورد النيل على سطح الماء بواسطة عوامات تشبه المثانات تمثل أعناق الأوراق المتضخمة والممتلئة بالهواء. ويتكاثر نبات ورد النيل خضريا بالخلفات *Offsets* من السيقان الجارية. وهذه الوسيلة تعتبر أهم أسباب الانتشار السريع لورد النيل. ثم تطفو الخلفات بأوراقها التي تشبه شراع الزورق وتنتقل بواسطة الرياح بسرعة من مكان لآخر حيث ينشأ عنها تجمع جديد من ورد النيل. وفي الأماكن ذات المياه الضحلة، يتكاثر النبات بالبذور التي تبقى حية في فترات الجفاف، وتساعد في انتشار النبات إلى في مناطق أخرى بعيدة. ونبات عدس الماء يتكاثر بالبراعم الجانبية، ويحدث هذا التكاثر بسرعة لدرجة أن سطح المستنقع قد يغطي بالنباتات في بضعة أسابيع. وأوراق النباتات الطافية تغطي بطبقة رقيقة من الشمع تمنع ابتلال السطح العلوي وانسداد فتحات الثغور بقطرات الماء. وعادة، توجد الثغور على السطح العلوي. والنسيج العمادي يكون غالبا حسن التكوين، ويتمتلى النسيج الاسفنجي بغرف هوائية واسعة. والسيقان كثيرا تغطي بهادة لزجة، الأمر الذي يمنع الأحياء المائية مثل القواقع من التغذية عليها.

النباتات البرمائية أو المنبثقة AMPHIBIAN OR EMERGENT PLANTS

النباتات المنبثقة هي نباتات تنمو جذورها في الماء منبثقة في الطين، بينما باقى الجسم يمتد في الهواء فوق سطح الماء. هذه النباتات مهياة جزئيا لحياة الماء وجزئيا لحياة الهواء، وكل من جزئى الجسم، يختلف عن الآخر في التركيب. فتوجد لمعظم أنواع هذه النباتات سوقا أرضية طويلة زاحفة تمتد جذورها في الطين، وهي ضعيفة نوعا نتيجة لغزارة الماء. وجزء من الأوراق يوجد تحت سطح الماء، بينما الجزء الآخر من المجموع الخضري ينمو في الهواء. الأوراق التي توجد تحت سطح الماء تأخذ شكل أوراق النباتات المغمورة وتركيبها. أما الهوائية فهي كبيرة وسطحها متسع وأعناقها طويلة.

وتوجد النباتات المنبثقة الزهرية على جسور الترع والمصارف وفي المستنقعات الضحلة مثل نبات ذيل القط *Typha latifolia* والبشنين *Nymphaea* (شكل ١٠٨) والبردى *Cyperus papyrus* وحب النيل *Ipomoea hederaceae*.

وتعتبر هذه النباتات أقل النباتات المائية تخصصا، فقد تنمو لفترة كنباتات ومسيطة، وأخرى كنباتات مغمورة جزئيا. ويختلف مدى امتداد الجذور وتفرعها وتكوين الشعيرات



(شكل ١٠٨): قطاع مستعرض في ورقة البشنين. لاحظ وجود الثغور في البشرة العليا والغدد المخاطية في البشرة السفلى، وكذلك الخلية الحجرية التي عكس شكل حرف (Y) ذات الجدر المغطاة، والتي يمتثل أن تكون ذات فائدة في التدهيم الميكانيكي. ونشاط البناء الضوئي مقصور على النصف العلوي للورقة. أما الفراغات الكبيرة الممتلئة بالهواء والموجودة بالنصف السفلي فانها تساعد على الطفو.

الجلدية تبعاً لنقص أو زيادة المحتوى المائي والتهوية. فمثلاً، في نبات ذيل القط *Typha latifolia* يدل تغلب الأنسجة الميكانيكية والناقلة في الأوراق على اتجاهات وسيطة، بينما زيادة الأنسجة البارنكيمية الاختزانية وغيرها الهوائية يساعد على تغلب صفات النباتات المائية.

والنسيججان الميكانيكي والتوصيل كلاهما مكتمل التكوين، ولهذا تستطيع النباتات المنبطقة أن تنمو قائمة. والغرف الهوائية الكبيرة تنتشر في قشرة الساق، وهي تعتبر من الصفات البارزة في السيقان. هذه الفراغات توجد أيضاً في الأوراق (شكل ١٠٨) والجذور.

ويوجد تباين كبير في شكل وتركيب أوراق هذه النباتات، فأوراق النباتات التي تكون مغمورة في الماء تأخذ شكل وصفات أوراق النباتات المغمورة، أما الأوراق الهوائية تكون عادة كبيرة وسطوحها متسعة. وبشرة الأوراق الهوائية ذات أدمة رقيقة، وتغور تكون أوفر عدداً على السطح العلوي منها على السطح السفلي. النسيج العمادي في الورقة عبارة عن طبقة واحدة أو أكثر، وهو أقل سمكاً من الجزء الذي يشغله النسيج الاسفنجي والذي يتميز باحتوائه على غرف هوائية كبيرة وعديدة. الجهاز الوعائي اللينفي أكثر تميزاً من أنواع النباتات المائية الأخرى.

التكاثر في النباتات المائية

التكاثر الخضري هو الأكثر شيوعاً في النباتات المائية، ويعتبر ذلك نوع من الاستجابة لظروف البيئة، فمثلاً، يتكاثر نبات الألويا *Elodea* بالتجزؤ، وورد النيل *Eichhornia* بالخلفات من السيقان الجارية، أما عدس الماء *Lemna minor* فإنه يتكاثر بالبراعم الجانبية.

وانتاج البذور يكون قليلاً، ويحدث التلقيح بالحشرات أو الهواء، ففي البشّين *Nymphaea* يحدث التلقيح بواسطة الحشرات، وهو ضئيل جداً، ويعوض بالتكاثر الخضري. بينما يحدث التلقيح في نبات سلق الماء *Potamogeton* بالهواء. أما النباتات المائية التي توجد أزهارها تحت سطح الماء فيحدث التلقيح فيها بواسطة الماء.

النباتات الوسيطة (نبات = Phyton وسط = Meso) MESOPHYTES

النباتات الوسيطة هي نباتات تنمو في بيئات أرضية ليست بزايدة الرطوبة كالمستنقعات والبرك، ولا هي بشديدة الجفاف كالصحاري، أي أن هذه النباتات تعيش في بيئة لا هي بالمشبعة بالماء ولا هي بالجافة، بيئة محتواها المائي معتدل، ومورد الأكسجين في التربة معتدل، كما أن الأملاح الذائبة في ماء التربة ليست خفيفة التركيز ولا زائدة، وتزدهر هذه النباتات في مناخ معتدل الحرارة. ينتمي إلى هذه النباتات تلك التي تنمو في الحقول والحدائق والغابات والمراعى، فهي تضم الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور، وتشغل مكاناً وسطاً بين النباتات المائية والجفاف.

وجذور النباتات الوسيطة تكون عادة واسعة الامتداد، غزيرة التفرع، الحيز الذي تشغله الجذور غالباً يتجاوز الحيز الذي تشغله الأجزاء الهوائية، والشعيرات الجذرية دائماً غزيرة لتساعده على امتصاص أكبر قدر من الماء من تربة محتواها المائي معتدل. وتغطي أطراف الجذور التي تنمو في التربة بقلنسوة لحمايتها.

والأوراق في النباتات الوسيطة، داكنة الخضرة، تنفوت في الاتساع والشكل، ذات سمك معتدل. الثغور كثيرة توجد عادة على كل من سطحي الورقة، غالباً أكثر عدداً على السطح السفلي، كما يختلف تركيبها تبعاً لنوع النبات لاسيما من ناحية عدد الخلايا المساعدة. ويغطي سطحها الورقة بطبقة مناسبة من الكيوتين لحماية الأنسجة الداخلية من الجفاف.

وتحتوى أجسام النباتات الوسيطة على أنسجة وعائية مكتملة التكوين حتى تستطيع توصيل الماء المختص من التربة إلى الأوراق سواء في حالة الأعشاب أو الأشجار والشجيرات وتوزيع الغذاء المتكون في الأوراق على أجزاء النبات. والحزم الوعائية

تتركب من نسيجى الخشب Xylem واللحاء Phloem مكتملى التكوين، وهى اما جانبية مفتوحة في سيقان وأوراق ذوات الفلقتين غالبا، أو جانبية مغلقة في ذوات الفلقة الواحدة، ونادرا ما تكون الحزم مركزية. والحزم الوعائية في الجذور تكون قطرية حيث يتبادل فيها الخشب مع اللحاء.

وتختلف النباتات الوسيطة عن المائية، في احتواء أجسامها على أنسجة متنوعة يختص بعضها بالتدعيم، مثل الكولونكيميا والاسكلرنكيميا، وغيرها للتخزين مثل البارنكيميا، وهناك أخرى للوقاية مثل الفلين، وهذه الأنسجة وغيرها تفرسها ظروف البيئة المحيطة وطبيعة النمو، وفترات الحياة، وغيرها. وتتطور أعضاء بعض النباتات الوسيطة لتقوم بوظائف تخصصية معينة مثل التخزين والبناء الضوئى والتسلق وغيرها.

النباتات الجفافية (نبات = Phyton جاف = Xeros) XEROPHYTES

تشغل الصحارى في العالم حوالى ٤/١ مساحة الأرض. والصحارى امطارها قليلة والرياح فيها عاصفة، وتحدث فيها تقلبات مناخية متطرفة في درجات الحرارة والرطوبة. كما تتميز الصحارى بالتفاوت الكبير بين درجات الحرارة صيفا وشتاء، وفي الليل والنهار.

ونباتات الصحارى اما حولية تفضى فترة حياتها في موسم واحد يكون ملائما لنموها، أو معمرة كيفت نفسها لبيئة الصحراء وحافظت على بقائها. والماء هو العامل الأساسى المحدد لنوعية نباتات الصحارى، وليست كميته فقط بل أيضا مدى توافره خلال أشهر السنة.

والنباتات الجفافية هى الميزة للصحارى، ومع هذا، فليست نباتات الصحارى كلها جفافية. فالنباتات الجفافية توجد في أي بيئة يكون محتواها المائى منخفضا ومصحوبا بظروف جوية تعمل على زيادة التنح، وتوجد أيضا في الكثبان الرملية Sand dunes - وقليل ماتوجد في الصحارى المالحة حيث يزيد من وطأة الجفاف ارتفاع نسبة الأملاح في ماء التربة الى درجة يصعب على النبات امتصاصه.

والتكيفات الخاصة ببيئته الصحارى تمكن النبات من امتصاص الماء من التربة واكتنازه والمحافظة عليه والاقبال من فقده. وتتميز كثير من النباتات الجفافية بقدرة أنسجتها على مقاومة الذبول، وتعمل فترات طويلة من الجفاف، وتظل حية لاتصاب بأى أضرار حتى يتوفر الماء الذي يمكنها امتصاصه. وقد تفقد النباتات الجفافية حوالى ١٠-٢٥٪ من مائها قبل أن تذبل ويظل النبات حيا لفترات طويلة. والنباتات الجفافية ماهى الا نباتات مقاومة للجفاف، وتتوقف هذه المقاومة على قدرتها على احتال الذبول

دون أن تصاب بضرر ويرتبط ذلك بقدرة البروتوبلازم على تحمل الجفاف دون أن يفقد نشاطه الحيوي أو يظل في حالة كمون نسبي يستعيد بعدها نشاطه عندما يصبح امتصاص الماء ميسورا.

وتحدث في النباتات التي تعيش تحت ظروف الجفاف تحورات مورفولوجية وتشريحية (تركيبية) بعضها خاص بالحصول على الماء وغيرها لتخزينه وأخرى لتقليل فقده.

أ - التكيفات الخاصة بالحصول على الماء ومواجهة نقصه

تحدث تحورات في أجسام هذه النباتات تؤدي إلى زيادة الموارد المائية عن طريق الامتصاص والاختزان في جسم النبات. ويتضح بعض هذه التحورات فيما يلي:

- ١ - الجذور تكون كبيرة الحجم، زائدة التعمق في التربة، غزيرة التفرع، وبذلك يزداد مساحة الماص في الجذر.
- ٢ - تفرز أوراق بعض النباتات أملاحا تقوم بامتصاص الرطوبة من الجو أثناء الليل، كما تغطي الأوراق في نباتات أخرى بشعور تمتص الرطوبة من الجو مثل نبات الحرا *Diploaxis harra* من العائلة القرعية *Cucurbitaceae*.
- ٣ - تكثر الأوعية في نسيج الخشب وتكون واسعة، الأمر الذي ييسر انتقال الماء الممتص في جسم النبات.
- ٤ - يكون الضغط الأسموزي للعصير الخلوي عاليا، يتفاوت مقداره تبعا لدرجة جفاف البيئة. فقد يصل مقداره إلى أكثر من ١٥ ضغط جوى في بعض الأعشاب، بينما في الأشجار يزيد عن ٢٥ ضغط جوى. يؤدي ارتفاع كثافة العصير الخلوي إلى تأخر ظهور أعراض الذبول في النبات.

ب - التكيفات الخاصة بتخزين الماء

يخزن الماء الزائد عن حاجة النبات في أعضاء خاصة لحين الحاجة إليه في الفترات التي يتعذر خلالها الحصول على الماء من التربة حتى يستمر النبات في النمو واستكمال دورة حياته، مثل الدرناات والكورمات والبصيل وكذلك الجذور الدرية وبعض السيقان العصيرية مثل التين الشوكي *Opuntia*.

وأوراق بعض أنواع النباتات تكون لحمية تحتوي على نسيج خازن للماء يتركب من خلال بارنكيمية كبيرة رقيقة الجدر مثل الأجاف *Agave*.

ج - التركيب الخاص بتقليل فقد الماء:

التكيفات الخاصة بالتركيب الشكل:

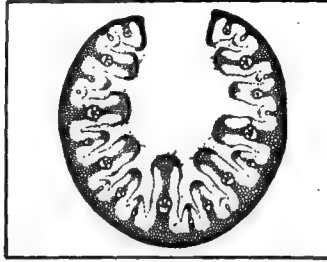
- ١ - معظم النباتات التي تحمل الجفاف غالبا تكون صغيرة الحجم. عندما ينقص ماء

التربة عن الحد اللازم للنمو، تذبل الأوراق أو تسقط كما في نبات الزلا *Zilla spp.* حتى يتوفر الماء المتاح عند سقوط الأمطار، فتعود إلى النمو من جديد. هذه الظاهرة قد تتكرر عدة مرات في السنة الواحدة.

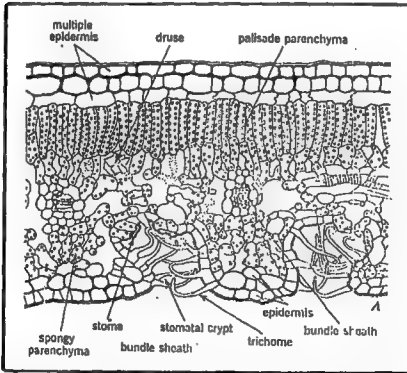
- ٢ - تتراكم الأوراق في بعض النباتات فتقل مساحة سطوحها المعرضة للحرارة وضوء الشمس، وقد تنطبق وريقات النبات خلال فترات الحرارة الشديدة كما في السنامكي *Cassia angustifolia*. وتنطبق أوراق بعض الحشائش الجفافية حتى تلتقي مع حافتي الورقة، أو تلتصق على نفسها ناحية السطح العلوى فتصبح في شكل أنبوبة كما في نبات قصب الرمال *Ammophila arenaria* (شكل ١٠٩).
- ٣ - أحيانا، يتورق العنق كما في بعض أنواع السنط *Acacia* وقد تتحور الأوراق إلى أشواك كما في نبات عود الريح *Berberis spp.* أو تغيب الأوراق كما في نبات الرتم *Retema sp.* وهو من أكثر النباتات الصحراوية انتشارا.
- ٤ - كثيرا تكون الأوراق صغيرة جلدية أو حرشفية، وقد تتحور السيقان إلى أشواك، وبذلك يكون السطح المعرض ضئيلا بالمقارنة مع مقدار الماء المحتص.

التركيب التشريحي الخاص بتقليل فقد الماء

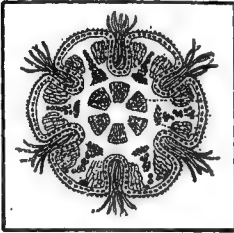
- ١ - تغطي البشرة بطبقة أدمة سمكية، وفي بعض الأحيان تكون الأدمة أكثر سمكا من قطر خلايا البشرة، وكثيرا تكون جدر خلايا البشرة وتحت البشرة ملجننة وأحيانا تغطي البشرة بطبقة من الشمع، وبذلك يقل النتج الأديمى بدرجة كبيرة. في الحالات المتطرفة، قد يصبح سمك الأدمة أكبر من قطر خلايا البشرة، وقد يبرز عليها طبقة من الشمع، أو تتكون شعور فوقها.
- ٢ - زيادة عدد طبقات البشرة العليا فتصبح البشرة في الورقة متضاعفة (شكل ١١٠)، وقد تكون جدر الخلايا زائدة التكوّن أو التلجنن مما يساعد على طبقة واقية فضلا عن تدعيمها للورقة.
- ٣ - تحوى أوراق كثير من النباتات الجفافية على مقدار كبير من الألياف، تدعم الورقة وتساعد في عدم انثنائها أو تهدها في فترات الجفاف (شكل ١١١). الألياف تعمل كحاجز يحول دون نفاذ الضوء الشديد إلى داخل الورقة، وبذلك يقل السطح المعرض من الخلايا رقيقة الجدر فيقل النتج بدرجة كبيرة. وتوجد الألياف كمعارض على شكل حرف T أو I تمتد عبر النسيج المتوسط حتى البشرة العليا والبشرة السفلى، وقد توجد تحت البشرة في الورقة طبقة أو أكثر من ألياف زائدة التلجنن، الأمر الذي يحول دون تهده الورقة أو انثنائها تحت وطأة الرياح العاصفة، فتبقى الأوعية لتقوم بوظيفتها بدلا من أن تغلق أو تتكسر.



(شكل ١٠٩): قطاع عرضي في ورقة حشيشة الرمل يوضح عددا من الصفات التشريحية للنبات اصحرارية. لاحظ التجاويف بالسطح العلوي التي تقلل من مساحة السطح المعرض، وتقليل فقد الماء. وزيادة مقدار الألياف في الورقة للمقاومة من وطأة الجفاف. لاحظ حواض الألياف على كل حرف γ وتكوينها من حزمة وعالية وألياف تكفل الصلابة للأوراق.



(شكل ١١٠): قطاع عرضي في نصل ورقة نبات الدفلة يوضح البشرة المتضاعفة والسرديب الثغرية بما فيها من شعور ونغور. لاحظ الثغور الغائرة.



(شكل ١١١): قطاع عرضي في الساق
المشورة لبنات الكازورينا يوضح الحزم
الوعائية الداخلية والخارجية (الحزم
القشرية). لاحظ الخلايا الاسكلرنكيمية
والنسيج العمادى الرقيق والتجاويف
والشعور الموجودة بها.

- ٤ - ازدياد نسبة النسيج العمادى الى الاسفنجى في الورقة، حيث تزداد عدد طبقات النسيج العمادى، وقد يوجد النسيج العمادى تحت سطحى الورقة، أو يصبح النسيج المتوسط كله عماديا. يؤدي هذا التكيف الى زيادة الطاقة التمثيلية للورقة وبالتالي زيادة الضغط الاسموزى للمعصير الخلوى. وفي النباتات الجفافية المتطورة يوجد نسيج اختزانى للماء في الورقة.
 - ٥ - توجد في أوراق النباتات النجيلية، على السطح العلوى فيما بين العروق، خلايا كبيرة الحجم رقيقة الجدر تسمى الخلايا المحركة Motor cells في هيئة أختايد واضحة قد تشغل سطحى الورقة. تساعد هذه الخلايا في التفاف النصل الى أعلا وإلى الداخل في حالات الجفاف (شكل ١٠٥). ويؤدى التفاف النصل الى حماية الثغور الموجودة على السطح العلوى من فقد الماء. الحزم الوعائية تكون متوازية، يحاط كل منها بغلاف من خلايا ذات جدر سميكة ملجننة. والبشرة تكون خلاياها زائفة التكوين.
 - ٦ - الثغور عادة تكون غائرة تحت سطح البشرة أو في تجاويف تحاط بشعور كثيفة (شكل ١١٠). ويكثر عدد الثغور على السطح العلوى بينما يكون السفلى شديد التكوين. فإذا تفتت الورقة الى أعلا وللداخل انخفض فقد الماء عن طريق النتج من الثغور وكذلك عن طريق الأدمة Cuticle. في أوراق بعض النباتات تنخفض نسبة الماء في الأوراق الى حوالى ٥٠٪ من الوزن الجاف وفي فترات الجفاف. في معظم أوراق النباتات الوسيطة تبلغ نسبة الماء حوالى ١٠٠-٣٠٠٪ من الوزن الجاف. وفي كثير من النباتات لا تفتح الثغور في معظم فترات النهار.
- التكيفات الجفافية كالأدمة السميكة والثغور الغائرة والألياف الكثيرة تحت البشرة تكون ضئيلة القيمة في تقليل النتج اذا كانت الثغور مفتوحة خلال فترات الجفاف.

وعادة تكون ثغور النباتات الصحراوية مغلقة معظم أو طوال فترة الجفاف، ولذلك فإن هذا المقدار الضئيل من الماء الذي يفقد في عملية التتح من طريق الأدمة يساعد في الحفاظ على الماء المخزن في النبات وبذلك يظل النبات حيا لفترة طويلة. ويبدو أن من أهم العوامل التي تحدد مقاومة النبات للجفاف قدرة خلاياه على تحمل الجفاف دون أن تعاني من أى ضرر قد يؤثر في حيوية البروتوبلاست. ومن ناحية أخرى، فإن الصفات التشريحية قد تكون أقل أهمية من قدرة بروتوبلاست الخلية على احتفال الجفاف دون أن يفقد نشاطه الحيوي، ويتوقف ذلك على خصائصه الكيمو حيوية.

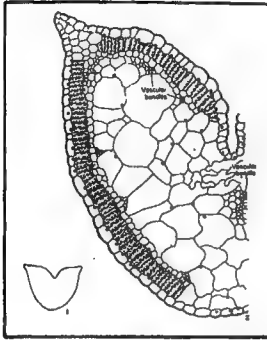
النباتات العصيرية SUCCULENT PLANTS

وهي طراز من نباتات التكيف الشائعة في النباتات الصحراوية مثل نباتات العائلة الشوكية Cactaceae وأنواع من جنس Euphorbia وأنواع من العائلة الزنبقية Liliaceae. والنباتات العصيرية تتميز بتركيب خاص تستطيع بواسطته مقاومة الجفاف. ويرجع ذلك الى كثرة الماء المخزون في السيقان أو الأوراق. وترجع الطبيعة العصيرية الى زيادة حجم الخلايا البارنكيمي مصحوبا بزيادة في حجم الفجوات العنصرية، بالإضافة الى الجدر الخلوية الرقيقة (شكل ١١٢).

والأوراق العصيرية تكون عادة صغيرة الحجم، غالبا أسطوانية، تغطي البشرة فيها بطبقة سميكة من الكيوتين تكسوها أخرى من الشمع كما في نبات الأاجاف Agave. والأنسجة الخازنة للماء توجد اما على جانبي البشريتين العليا والسفلى، أو على جانب واحد فقط. وفي كثير من النباتات العصيرية تفتح والثغور ليلا فقط، الأمر الذي يؤدي الى الاقلال من التتح بدرجة كبيرة فضلا عن الاحتفاظ بالماء. وكثير من نباتات العائلة الشوكية Cactaceae تستطيع أن تعيش عدة شعور على الماء المخزون في أنسجتها الداخلية. الثغور قليلة العدد، وغالبا تكون غائرة.

والأوراق صغيرة، تسقط مبكرا في حياة النبات، وقد تتحول الى أشواك. لأغلب النباتات العصيرية جذور متشعبة في مساحة ضئيلة قريبة من سطح الأرض حتى يمكنها امتصاص مياه الأمطار وتخزينها. وقد تكون الساق مستديرة أو مفلطحة، وقد تكون ذات أضلع خضراء رأسية ينمو عليها العديد من الأشواك، ومع هذا، فهي لحماية سميكة.

والنباتات العصيرية يكون ضغطها الأسموزي منخفضا كما في التين الشوكي Opun-tia فهو يتراوح بين ٧-٥ ضغط جوية. ولا تمتص هذه النباتات الا القليل من ماء التربة. وأثناء الجفاف الشديد، حيث تسحب احتياجاتها من الماء المخزن في أنسجتها، والذي



(شكل ١١٢): جزء من قطاع عرضي في نصل ورقة عصارية من نبات الشسوك الأحمر يوضح البانكيبا العمادية على سطحى الورقة. الجزء الأكبر من نصل السورقة عبارة عن خلايا بانكيبية خازنة للماء.

يكون كافيا حتى نجتاز فترة الجفاف التي قد تمتد الى عدة شهور.

SAND – DUNES PLANTS

نباتات الكثبان الرملية

توجد الكثبان الرملية في الصحارى وعلى امتداد ساحل البحر، وهي تكونت نتيجة لانتقال الرمال بواسطة الرياح. وأكثر النباتات نجاحا على هذه الكثبان هي المعمرة ذات الريزومات الطويلة المتفرعة، والجذور المتعمقة. وأهم النباتات التي تنجح في الكثبان قصب الرمال *Ammophila arenaria* وحشيشة الرمل *Psammia* والسفون *Agropyron junceum* وبوص الرمال *Calamovilfa* وحشيشة اليم *Elymus arenarius* وكلها نباتات زاحفة مثبتة للرمل، ومحبة لها.

وهذه النباتات ذات ريزومات معمرة وجذور ليفية عميقة وهي قادرة على النمرؤاسيا كلما تجمعت أكوام الرمال حولها، كما أنها قادرة على الدفن الجزئى تحت الرمال. ويؤدى تحلل الأجزاء المسنة لهذه النباتات الى تكوين دبال يزيد من صلاحية بيئة تربتها لنمو النباتات، فهي بذلك ليست مثبتات فقط للتربة الرملية ولكنها تنشىء مهذا صالحا لنمو نباتات أخرى.

ولقد أظهرت دراسة مثل هذه النباتات وتوزيعها قدرتها الكبيرة على التأقلم مع الظروف البيئية المحيطة. فالتحورات المتنوعة التي تحدث في أجسام مثل هذه النباتات ترتبط ارتباطا وثيقا مع عوامل البيئة المحيطة.

الفصل الثامن عشر

THE FLOWER

الزهرة

- الأعضاء الزهرية
- التركيب المورفولوجي لحبوب اللقاح
- طرز حبوب اللقاح
- الجهاز الوعائي في الزهرة
- الوضع المشيمي
- وضع المحيطات الزهرية على التخت
- أشكال البويضات
- الغدد الرحيقية الزهرية
- سقوط أجزاء الزهرة

الفصل الثامن عشر

الزهرة

THE FLOWER

الزهرة، من الأعضاء النباتية الهامة المميزة للنباتات مغطاة البذور، وتعتبر من الناحية المورفولوجية ساقاً أو فرعاً محدود النمو، يحمل أجزاء زهرية مقابلة للأوراق، بعضها عقيم والبعض الآخر متخصص في التكاثر الجنسي (هذا التعريف يمكن أن ينطبق أيضاً على المخروط Cone في النباتات المخروطية Conifers من عاريات البذور -Gymnosperms فهو تركيب تكاثري يخرج من إبط ورقة حرشفية، ويحمل أوراقاً جرثومية للتكاثر الجنسي، وقنابات حرشفية مرتبة حلزونية على محور وسطى متطاوّل. والأوراق الجرثومية به، أما مذكرة أو مؤنثة، المذكرة تحمل على سطحها السفلى كيسين من حبوب اللقاح، بينما المؤنثة تحمل على سطحها العلوى، عادة، بويضتان عاريتان). والزهرة تعتبر موازية لفرع خضري وليست مشتقة منه.

ويوجد تباين كبير في تركيب أزهار مغطاة البذور، وألوانها أو حجمها، تظهر صورته واضحة في الأجناس العديدة. ونتيجة للاختلافات التركيبية بين الأزهار، فقد استفاد منها العلماء في تقسيم مغطاة البذور إلى رتب Orders وعائلات Families كل منها يتميز بتركيب زهري خاص. وقد توجد الأزهار مفردة أو متجمعة في تركيب يسمى النورة -In-florescence وتتوزع النورات في تركيبها وأشكالها ونحت ألوانها.

وتنصف الأجزاء الزهرية إلى عقيمة Sterile وأخرى خصبة Fertile. الأجزاء العقيمة تشمل السبلات Sepals ويطلق عليها معاً في الزهرة اسم الكأس Calyx والبتلات Petals وتعرف معاً باسم التويج Corolla والأجزاء الخصبة أو التكاثرية أيضاً نوعان، الأسدية Stamens ويتكون منها الطلع Androecium والكرابل Carpels يطلق عليها اسم المتاع Gynoecium.

وتحمل الزهرة، عادة، على محور يسمى عنق الزهرة Pedicel أخضر اللون عادة تركيبه التشريحي يشبه تركيب الساق، حيث أن الاسطوانة الوعائية فيه تكون كاملة أو مجزأة. وقد يكون العنق طويلا أو قصيرا، وقد يكون غائبا. فإذا وجد العنق كانت الزهرة معنقة Pedicelled وإن غاب كانت الزهرة جالسة Sessile. الجزء الطرفي من عنق الزهرة الذي تحمل عليه الأجزاء الزهرية يسمى التخت Floral receptacle أو Thalamus يتركب من عقد متقاربة جدا وسلاميات مضغوطة جدا أو مطموسة. وتترتب الأجزاء الزهرية حول التخت في محيطات Whorls أو حلزونية Spiral فهي ليست متقابلة أو متبادلة كما هو الحال في أوراق النباتات على الساق. وقد تترتب جميع الأوراق في محيطات أو حلزونية، أو تترتب بعضها في محيطات والبعض الآخر حلزونية Spirocyclic كما في العائلة الشقية Ranunculaceae وفي الأزهار الراقية، كما في الباذنجان Solanum لا يمكن تمييز العقد أو السلاميات في التخت ويمكن أن تظهر في الدراسات التشريحية، بينها في الأزهار البدائية مثل البشنين Nymphaea تترتب الأوراق الزهرية حلزونية، كل نوع يمثل منطقة من التخت المتطاوول في هيئة حلزون أو أكثر.

وتخرج الزهرة من ابط ورقة مخترلة تسمى قنابة Bract. تختلف القنابات في شكلها وألوانها، فقد تكون خضراء صغيرة، أو حشفية، أو تشبه الأسنان، وأحيانا تكون ملونة كما في نبات الجهنمية Bougainvillea. قد تكون القنابات غائبة كما في العائلة الصليبية Brassicaceae وقد تكون القنابة كبيرة تحيط بالنورة كما في النخيل Phoenix وتسمى القنبوى Spathe. وفي العائلة النجيلية Poaceae كما في القمح Triticum يوجد نوعان من القنابات، العصيفة Lemma والاتب Palea. في أحد أجناس العائلة الحماضية Polygonaceae تستديم القنابتان ويتكون عن كل منهما تركيب مثنائي مجنح يغلف الثمرة.

وفي معظم ذوات الفلقة الواحدة توجد على عنق الزهرة ورقة صغيرة تسمى قنبية Bracteole تقع على جانب عنق الزهرة المواجهة للفرع الذي تحمل عليه الأزهار بينها توجد فيثيان في معظم ذوات الفلقتين على جانبي عنق الزهرة، قد تكونان متبادلتين أو متقابلتين. وقد تكون القنبيات غائبة كما في العائلة الصفصافية Salicaceae.

والزهرة النموذجية الراقية تحتوى على أربعة أنواع من الأوراق الزهرية، كل نوع يتبادل مع أوراق النوع الآخر، وتنظم أوراق كل نوع في محيط واحد أو أكثر، وعادة تشابه أوراق كل محيط.

الأوراق الزهرية الخارجية تشمل الكأس وهو الأدنى في المستوى، يليه الى الداخل الأوراق الزهرية للتويج. الأوراق الزهرية للكأس، عادة تكون خضراء اللون بينها في

التويج تكون ملونة.

الكأس والتويج يطلق عليهما معا اسم الغلاف الزهرى Perianth. فإذا تماثلت أجزاء الغلاف الزهرى فإن كل منها يسمى تيلة Tepal كما في العائلة الحماضية Polygonaceae. وأحيانا قد يغيب الكأس أو التويج أما في ذوات الفلقة الواحدة فيوجد طرازان من الأغلفة الزهرية. حيث يتميز الطراز الأول بكون الكأس والتويج سائين ومختلفين في الشكل واللون والتركيب، المحيط الخارجى أخضر بينما الداخلى تلى، في حين أن الطراز الثانى يكون الكأس والتويج متطابقين لدرجة كبيرة ويتلين. وفي ذوات الفلقتين قد يكون الغلاف الزهرى غائبا كما في أزهار العائلة الصفصافية Salicaceae أو في هيئة حراشيف كما في عائلة نبات الجوز Juglandaceae أو أثريا كما في العائلة الكازورانية Casuarinaceae. قد يكون الغلاف الزهرى أبيض اللون أو أحمر كما في بعض أزهار العائلة الحماضية Polygonaceae. كما قد يكون الغلاف الزهرى كأسيا أو بتليا، تلتحم أجزاؤه قاعديا في تركيب أنبوى كما في العائلة Santalaceae.

وفي وسط الزهرة وعلى قمة التخت يوجد المتاع الذي يشمل كربة واحدة أو أكثر، يحيط به الطلع الذي يتركب من سداة أو عدد من الأسدية.

وإذا كانت الأوراق الزهرية في محيطات، فإن أوراق المحيطات المتتالية عادة تتبادل في وضعها مع أجزاء المحيط الذي يسبقها أو يليها مباشرة. أما إذا كان النوع من الأوراق الزهرية يتألف من بضعة محيطات، كما في زهرة أخيليا Aquilegia فإن أجزاء هذه المحيطات ترتب في صفوف طويلة. وإذا كانت الأوراق الزهرية مرتبة حلزونيا، فإن أوراق الحلزون الواحد ترتب على امتداد التخت المتطاوول كما في الأزهار البدائية مثل المانوليا Magnolia.

وعادة، يتوقف المرسيم القمى للبرعم الزهرى عن النمو بعد تكوين الكربة أو الكرابل، ومع هذا، في بعض النباتات ينمو جزء التخت الموجود بين الكأس والتويج ليتكون عنه تركيب يسمى الحامل الزهرى Anthophore كما في زهرة السيلين Silene. وقد ينمو الجزء الذي بين الطلع والمتاع فيسمى بالحامل المتاعى Gynophore كما في زهرة شوك الحمار Capparis والفول السوداني Arachis. في بعض الأحيان ينمو الجزء الذي يحمل الطلع والمتاع ويسمى الحامل الطلعى المتاعى Androgynophore كما في زهرة الساعة Passiflora.

بالإضافة الى ماتقدم، فقد ينمو التخت بين الكريبتين الملتحمتين، اللتين يتألف منها متاع الزهرة، مكونا حاملا كربليا Carpophre ينشق طرفه عند نضج الثمرة مكونا فرعين يحمل كل منهما ثمرة جافة. تتميز العائلة السذبية Rutaceae بأن جزء التخت

الواقع بين الأسدية والمبيض ينشأ عنه تركيب فنجاني الشكل أو ينمو مكونا حاملا متاعيا متطاولا قليلا، قصيرا أو طويلا نوعا. علاوة على ذلك، فإن بعض أصناف الورد *Rosa* والكشمش *Pyrus* تحمل زهرة ثانية تكونت من سطح الأولى. أحيانا في التفاح *Malus* ينشأ فرع صغير خضري من البرعم الزهري.

والأوراق الزهرية في المحيط الواحد قد تكون سائبة أو ملتحمة. وفي كثير من الأحيان تلتحم الحواف المتجاورة لأجزاء المحيط الواحد خلال تكشفها. هذا الالتحام *Cohesion* يحدث بدرجات مختلفة على امتداد الحافة، فقد يكون كاملا أو جزئيا. وقد يكون الالتحام قاعديا *Connate* عند قواعد السبلات أو البتلات، أو نصفيا *Coherent* أو كاملا *Coalescence*. والالتحام البتلي يكون واضحا في كثير من النباتات مثل البتونيا *Petunia* والبطاطا *Ipomoea*.

والالتصاق قد يحدث نتيجة لأفرازات غدية أو تشابك تام بين خلايا البشرة أو بزائد الأدمة، والأسدية في العائلة المركبة *Asteraceae* والباذنجانية *Solanaceae* تعتبر متلاصقة. في حالات أخرى، تلتحم أجزاء محيطين متجاورين بدرجات مختلفة مثل التحام الأسدية بالبتلات كما في زهرة الربيع *Primula*. وتسمى الأسدية في هذه الحالة الأخيرة بالأسدية فوق البتلية *Epipetalous*.

وقد تلتحم الأسدية بالقلم *Style* والميسم *Stigma* في الكربة فيتكون تركيب يسمى *Gynostegium* أما العامود، كما في العائلة الأوركيدية *Orchidaceae* أما التحام قواعد السبلات والبتلات والأسدية حول المبيض فينشأ عنه تركيبا يسمى *Hypanthium* أو *An-dro-perianth tube* هذا النوع من الالتحام يسمى الاندغام *Adnation*.

وتعتبر الزهرة كاملة *Complete* إذا احتوت على الأعضاء الزهرية الأربعة وهي الكأس والتويج والطلع والمتاع. وإذا غاب الكأس والتويج كانت الزهرة عارية *Achlamydous* وإن وجدا عرفت الزهرة بذات الغطاءين *Dichlamydous* وإن غاب أحدهما كانت الزهرة وحيدة الغطاء *Monochlamydous*.

وإذا غاب أى من محيطى الطلع أو المتاع، كانت الزهرة وحيدة الجنس *Unisexual* تتميز لها عن الأزهار الخثى *Bisexual* التي تحتوى على كل من هذين المحيطين. ومن ناحية أخرى، إذا وجد الطلع وكان المتاع غائبا عرفت الزهرة بأنها سدائية *Staminate* أما إذا احتوت على المتاع فقط فانها تسمى كربلية *Carpellate*.

وفيا إلى عدد من طرز النباتات على أساس من وجود الأعضاء الجنسية في الزهرة، ونوعية الأزهار على النبات:

- ١ - نباتات متحدة الجنس Monoclinous والأزهار فيها تكون خنثى على نفس النبات.
 - ٢ - نباتات أحادية المسكن Monodecious حيث توجد الأزهار السدائية والكربلية على نفس النبات كما في الذرة Zea والخروع Ricinus. الأزهار السدائية في الذرة توجد في نورة طرفية بينما الأزهار الكربلية في جزئها العلوى في حين ان السدائية في الجزء القاعدى، وقليلًا ما يوجد هذا الطراز في العائلة الصفصافية Salicaceae.
 - ٣ - نباتات ثنائية المسكن Dioecious حيث يحمل النبات اما أزهارا سدائية أو كربلية كما في نخيل البلح Phoenix والصفاف Salix.
 - ٤ - نباتات متعددة الجنس Polygamous وهذه النباتات تحمل أزهارا خنثى بالإضافة الى أخرى وحيدة الجنس كما في نبات الاسفندان Acer campestre الذي قد يصل ارتفاعه الى حوالى ٨٠٠ قدم أو أكثر.
- والنباتات متعددة الجنس اذا حملت أزهارا خنثى، وأخرى وحيدة الجنس بنوعها، السدائية والكربلية، على نفس النبات، عرفت باسم متعددة الجنس وحيدة المسكن Polygamomonoecious. وإذا وجدت الأزهار الخنثى مع أخرى سدائية على نبات، وغيرها كربلية على نبات آخر بالإضافة الى الأزهار الخنثى كانت هذه النباتات متعددة الجنس ثنائية المسكن Polygamodioecious كما في العائلة Aceraceae. وتوجد أنواع في هذه العائلة تحمل أزهارا مذكرة في جزئها السفلى بينما توجد أخرى خنثى في جزئها العلوى، ولهذا تسمى أحادية المسكن طلعي Andromonoecious.
- تتميز عائلة شجرة الشمع Myricaceae بأن نبات Myrica gale يوجد به ثلاثة طرز من النباتات، ففي الطراز الأول تحمل النورة أزهارا كربلية عند قمته وأخرى سدائية عند القاعدة. والطراز الثاني يحمل نورات في معظمها تحمل أزهارا خنثى، بينما الثالث يحمل نوعان من النورات؛ أحدهما أزهاره مذكرة والآخر أزهاره مؤنثة.
- والغريب في هذه الحالة أيضا، أن نوعية الأزهار في هذه النباتات قد تتغير من عام الى آخر. وما تجدر الإشارة اليه ان البويضة في هذه النباتات تكون ذات غلاف واحد يحتوى على حلقة من حزم وعائية.

FLORAL ORGANS

الأعضاء الزهرية

تنوع الأزهار بدرجة كبيرة في عدد أعضائها الزهرية، فتتراوح بين عضو واحد وأربعة، كما تتنوع أيضا في عدد أجزاء كل عضو بين جزء واحد وعديد من الأجزاء. كما تتباين الأزهار أيضا في مدى التحام أجزاء كل عضو ببعضها والتحام الأعضاء مع

بعضها البعض . ان مدى الاختلاف في الشكل والتركيب كبير في أزهار مغطاة البذور سواء في عدد الأعضاء الزهرية وعدد اجزائها ومدى الالتحام أو الاندغام فيها .

وتقسم الاعضاء الزهرية الى غير أساسية أو عقيمة وتضم الغلاف الزهرى وأخرى أساسية تشمل الطلع والمتاع . تتميز أزهار النبات ذات الفلقة الواحدة بأن محيطاتها الزهرية تتركب، غالباً، من ثلاثة أجزاء زهرية، بينما أزهار ذوات الفلقتين تتركب محيطاتها، غالباً، من خمسة أجزاء زهرية وأحياناً أربعة . وأحياناً يحدث تضاعف في عدد الأجزاء الزهرية التي يتألف منها عضو أو أكثر .

وإذا تساوت المحيطات الزهرية في عدد أجزائها سميت الزهرة متبائلة العدد Isomerous وتعتبر الزهرة حيتنث سوارية حقيقية Eucyclic . أما إذا كانت أجزاء المحيطات الزهرية متبائية العدد Heteromericous كانت الزهرة سوارية متبائية Heterocyclic . وفي معظم الأزهار تنتظم الأوراق الزهرية على التخت في سوارات يختلف عددها من نوع الى آخر كما هو موضح فيما يلي :

- ١ — أحادية المحيط الزهرى Monocyclic والمحيط الموجود عادة هو احد الأعضاء الجنسية .
- ٢ — ثنائية المحيطات Dicyclic حيث تحتوى الزهرة على محيطين فقط .
- ٣ — ثلاثية المحيطات Tricyclic كما في الأزهار ذات الغطاء الواحد أو وحيدة الجنس .
- ٤ — رباعية المحيطات Tetracyclic وتحتوى على الأربعة أنواع من الأعضاء الزهرية، كل منها في سوار واحد Monocyclic .
- ٥ — خماسية المحيطات Penacyclic إذا حدث تضاعف في أوراق محيط ما كما في زهرة نبات البشنتين Nymphaea .

وفي كثير من ذوات الفلقتين يشغل الكأس سوارين وكل من التويج والطلع والمتاع سوار واحد . هناك عدد كبير من ذوات الفلقة الواحدة يكون فيها كلا من الغلاف الزهرى والطلع في سوارين أما المتاع فيشغل سوار واحد .

وقد يصل عدد المحيطات الى أكثر من اثني عشر محيطاً زهرياً . تتراوح أجزاء المحيط الواحد بين اثنين وحتى ثلاثين ورقة زهرية . الزهرة ذات المحيطات الكثيرة تسمى عديدة المحيطات Polycyclic .

وتحمل الأوراق الزهرية على التخت في نظم مختلفة منها :

- ١ — النظام السوارى Cyclic or whorled وفيه تتميز به الأزهار الراقية كما في العائلة المركبة Asteraceae والباذنجانية Solanaceae . وفي هذا النظام ترتب الأجزاء

الزهرة لكل عضو في محيط واحد أو أكثر.

- ٢ - النظام الحلزوني Spiral or Acyclic وتتميز به العائلات البدائية مثل الماجنولية Magnoliaceae والشقية Ranunculaceae والشوكية Cactaceae.
- ٣ - النظام الحلزوني السواري Spirocyclic أو Hemicyclic وتترتب فيه بعض المحيطات سواريًا والبعض الآخر حلزونيًا. والغلاف الزهري تترتب أجزاؤه حلزونيًا بينما الأعضاء الجنسية تترتب سواريًا كما في عائلة عرف الديك -Amaranaceae وأحيانًا كما في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae يترتب الكأس فقط في ترتيب حلزوني.

١ - الكأس

Calyx

الكأس هو المحيط الخارجي للزهرة، وهو غطاء واقٍ لأجزاء البرعم الزهري ويتركب الكأس من أوراق زهرية يسمى كل منها سبلة Sepal تكون عادة خضراء اللون تشبه في تركيبها أوراق النبات لاسمياً في ارتباطها الوعائي بالساق. تترتب السبلات محيطياً، غير أنها في بعض العائلات البدائية تكون حلزونية الترتيب. وقد تكون السبلات ملونة بألوان زاهية فتسمى سبلات بتلية Petaloid sepals كما في زهرة العليق Delphinium والسالفيا Salvia حيث تساعد في اجتذاب الحشرات إلى الزهرة.

وإذا كانت السبلات زائدة الاختزال، فإنها تأخذ شكل الأسنان الرفيعة، أو الحراشيف أو الأشواك وحتى البروازات. فمثلاً، في بعض أنواع الكافور Eucalyptus تكون السبلات زائدة الاختزال أو غائبة وفي جنس Cornus من العائلة Cornaceae يظهر فيه جميع نواحي اختزال الكأس في التركيب الخارجي والداخلي، فهو يتركب من أسنان دقيقة أو فصوص أو حتى حافة ضئيلة. وفي أزهار العائلة الخيمية Apiaceae تكون السبلات غير واضحة تماماً.

وأحياناً، كما في عدد من أنواع جنس الكافور، يكون الكأس غائباً.

وقد يسقط الكأس مبكراً مع افتتاح الزهرة كما في العائلة الخشخاشية Papaveraceae فيسمى سريع الزوال Cauducous أو يبقى حتى فترة تلقيح الزهرة فيعتبر متساقطاً De-ciduous وقد يستديم مع الثمرة كما في العائلة الباذنجانية Solanaceae وبنجر السكر Beta Vulgaris حيث يصبح جامداً يحيط ببذور الثمرة. وأحياناً، يتخشب كما في ثمار الرمان Prunica granatum.

وإذا كانت السبلات منفصلة عن بعضها يسمى الكأس حيتئذ سائب السبلات Polysepalous كما في زهرة الكرنب Brassica أما إذا التحمت السبلات معاً، كلياً أو

جزئياً، فيسمى الكأس ملتحم السبلات Synsepalous كما في زهرة البازلاء Pisum sativum في زهرة القرنفل Dianthus ينشأ عن التحام سبلات الكأس تركيب أنبوى الشكل حافته العليا مجزأة الى أسنان عددها يماثل عدد السبلات . وفي عدد من الأزهار تتحور سبلات الكأس فتأخذ أشكالاً مختلفة منها :

١ - تتميز العائلة الشفوية Lamiaceae بأن الكأس مستديم Persistent وملتحم أنبوى الشكل ذو أسنان سائبة، أحياناً يتركب من شفتين Two-lipped كما في السالفيا Salvia تأخذان لون التويج .

٢ - في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae ويتميز جنس القرنفل Dianthus بأن الكأس فيه يكون ملتحم أنبوى الشكل . ورغم أن الكأس يكون عادة أخضر اللون، الا أنه يكون أحياناً أبيضاً أو ملوناً يشبه التويج . مثل هذا الكأس البتلى Petaloid calyx كثيراً يكون موجوداً، وإذا كان التويج غائباً أو غير واضح في الزهرة كما هو الحال في عديد من أجناس العائلة الشقية Ranunculaceae. وفي عائلة أرستولوخيا Aristolochiaceae يتركب الكأس البتلى من ثلاثة أجزاء، قد تكون في هيئة جرس Bell-shaped أو أنبوى مثل الجرة Picher-shape حيث توجد الأعضاء الأساسية في جزئه القاعدى، ويتسع في جزئه العلوى على شكل قمع Funnel-shaped.

٣ - في العائلة الشقية Ranunculaceae وتتحور السبلة الخلفية في زهرة العايق De-lphinium في هيئة مهاز Spur يحفظ فيه الرحيق .

٤ - في بعض أجناس العائلة الأسي Myrtaceae تلتحم سبلات الكأس مكونة غطاء Operculum يسقط عندما تتفتح الزهرة مثل بعض أنواع الكافور Eucalyptus. قد يصل ارتفاع الكافور الى ٤٠٠-٥٠٠ قدم وقطر الساق عند القاعدة حوالى ٨٠-٩٠ قدم .

٥ - في بعض أنواع العائلة الصليبية Brassicaceae ينشأ عن قواعد السبلات، لاسياً السبلتين الداخليتين، تركيب يشبه الكيس Sac يستخدم في حفظ الرحيق . والكأس في هذه الحالة يسمى جيبي Saccate. في أنواع أخرى، تترابك السبلات فوق بعضها ليتركب عنها تركيب أنبوى يدعم قواعد البتلات .

٦ - الكأس في العائلة المركبة Asteraceae يكون غائباً، أو يتحور الى شعور Hairs أو حراشيف Scales أو أشواك Bristles تسمى Pappus. وهناك من يرى أن هذه التراكيب عبارة عن نموات خارجية ليس لها علاقة بالكأس . وفي العائلة الشفوية Lamiaceae يكون الكأس أحياناً لحمياً ويستديم مع الثمرة، وقد يتركب من شفتين كما في الزعر Thymus.

وفي معظم أجناس العائلة الحبابية Malvaceae يوجد محيط من قنبيات يقع تحت محيط الكأس يسمى تحت الكأس Epicalyx يشبه سبلات الكأس في لونها وتركيبها، يقوم مثل الكأس، بحماية أجزاء الرعم الزهرى. ويستفاد من صفات تحت الكأس في تمييز أجناس العائلة الحبابية. ففي جنس Abutilon يكون تحت الكأس غائبا بينما في جنس Hibiscus يتركب تحت الكأس من عديد من القنبيات. وقد يتكون تحت الكأس من تجمع أذينات السبلات في أزواج كما في بعض أجناس العائلة الوردية Rosaceae مثل جنس الشليك *Fragaria*.

التركيب الداخلى للسبلات

التركيب الداخلى لسبلات الكأس الخضراء يمثال نظيره في أوراق نفس النبات. وتزد السبلات بمسارات وعائية تخرج من العمود الوعائى للتخت وتترك فجوات فيه كما يحدث في مسارات الأوراق Leaf traces. وتدخل السبلات نفس العدد من المسارات التي تدخل الأوراق الخضراء لنفس النوع، وعادة يكون ثلاث مسارات. أما الانسجة الوعائية عادة فهي ابتدائية وتشبه نظيرتها في الأوراق.

وتتركب السبله من نسيج متوسط من خلايا كلورنكيمية تكسوها البشرة على كل من سطحية. وقد تحتوى بعض خلايا النسيج المتوسط على بلورات، أحيانا تكون نجمية. ونادرا يتميز النسيج المتوسط الى عمادى واسفنجى. وخلايا البشرة تكسوها من الخارج طبقة من الكيوتين، تحتوى على ثغور، وأحيانا زوائد تماثل نظائرها في الأوراق الخضراء لنفس النوع.

Corolla

٢ - التويج

هو العضو الثانى الذي يلى الكأس الى الداخل، يتركب من أوراق زهرية تسمى كل منها بتلة Petal. في الأزهار الراقية تترتب البتلات على التخت في محيط واحد أو أكثر، بينما في الأزهار البدائية، مثل العائلة الشقيقية Ranunculaceae تكون البتلات حلزونية الترتيب.

والبتلات رهيقة، أكبر حجما بكثير من السبلات، وتختلف في أشكالها وحجومها وألوانها. وأحيانا، يكون التويج أخضر اللون كما في أزهار نبات *Brexia* وبعض أنواع العائلة الزيزفونية *Tiliaceae*. وقد تكون البتلات سائبة فيسمى التويج سائب أو عديد البتلات Polypetalous كما في أزهار العائلة الوردية *Rosaceae* والكتانية *Linaceae*. وفي عائلات أخرى كما في العائلة الباذنجانية *Solanaceae* والقرعية *Cucurbitaceae* تكون البتلات ملتصقة، على الأقل قاعديا، فيسمى التويج ملتصق Gamopetalous

أو Sympetalous وأحيانا يكون التويج غائبا كما في العائلة الصفصافية Salicaceae وعائلة نبات البنجر Chenopodiaceae.

وعدد البتلات في الزهرة يكون عادة مساويا لعدد السبلات أو ضعف هذا العدد أو أكثر. وفي بعض الأزهار يتميز في البتلة جزئان أحدهما قاعدى يسمى المخلب Claw والأخر علوى يسمى النصل Limb كما في أزهار العائلة الصليبية Brassicaceae والقرنفلية Caryophyllaceae. في بعض الأحيان، يوجد على التويج تراكيب نسجية دقيقة تلتحم كثيرا معا، في التويج ملتحم البتلات، في هيئة تركيب فنجانى الشكل، يسمى التاج Corona. في زهرة النرجس Narcissus يكون التاج فنجانى الشكل، عند منطقة اتصال أنبوبة التويج Corolla tube مع النصل، وفي زهرة Daffodils يكون التاج كبيرا وواضحا، وفي زهرة الساعة Passiflora يكون في هيئة أشرطة أو زوائد زاهية اللون نامية من تحت الزهرة بين البتلات والأسدية وتعلو فوق مستوى الأعضاء التكاثرية. وفي جنس Pangium توجد نموات من تحت الزهرة في هيئة حراشيف تتحد مع قواعد البتلات. وفي العائلة القرنفلية Caryophyllaceae تستطيل كثيرا المنطقة الواقعة بين الكأس والتويج وتحمل عليها بقية أعضاء الزهرة.

وفي بعض الأحيان يأخذ التويج أشكالا متميزة استفاد منها الباحثون في إطلاق أسماء وصفية لعدد من العائلات النباتية (شكل ١١٣) ومنها على سبيل المثال:—

- ١ — العائلة الفراشية Fabaceae والتويج في هذه العائلة يأخذ شكل الفراشة But-terfly-like يتكون من خمس بتلات، العليا أكبرها تسمى العلم Standard أو Banner وبتلتان جانبيتان في هيئة جناحي الفراشة، واثنتان قاعديتان يتكون عنهما تركيب يسمى الزورق Keel يوجد بداخله الطلع والمتاع.
 - ٢ — العائلة الصليبية Brassicaceae ويتركب التويج في هذه العائلة من أربع بتلات على هيئة صليب اشتق منه اسم هذه العائلة.
 - ٣ — العائلة الشفوية Lamiaceae ويتركب التويج من خمس بتلات ملتحمة جزئيا في هيئة شفتين؛ العليا محدبة نوعا تتركب من بتلتين، بينما السفلى من ثلاث بتلات أكبرها الوسطى كما في نبات السالفيا Salvia. وقد تتركب العليا من أربع بتلات بينما السفلى من بتلة واحدة كما في جنس Hyptis.
 - ٤ — العائلة الناقوسية Campanulaceae والتويج في هذه العائلة يتركب من خمس بتلات ملتحمة في شكل ناقوس كما في زهرة نبات الجرس Campanula. وعادة تكون قمة التويج ذات خمسة فصوص مقابلة لعدد البتلات.
- بالإضافة الى الأشكال أو الصور السابقة للتويج، فهناك أشكال أخرى يمكن



(شكل ١١٣): الطرز التركيبية المختلفة لمحيط التويج.

إيضاحها فيما يلي:

- ١ - أنبوبي Tubular حيث تلتحم البتلات في تركيب أنبوبي كما في الأزهار القرصية لنبات تباع الشمس Helianthus.
- ٢ - قمعي Infundibular وشبه القمع كما في زهرة الداتورا Datura والبتونيا Petunia.
- ٣ - لسيفي Ligulate كما في الزهرة الشعاعية العقيمة Ligulate floret في تباع الشمس

من العائلة المركبة Asteraceae ويتركب التويج فيها من خمس بتلات ملتحمة على هيئة شريط يظهر عند قمته ثلاثة بروزات تمثل التحاما حدث في ثلاث بتلات، بعد اختزال البتلتين الاخيريتين.

٤ - في جنس الكافور Eucalyptus قد تلتحم البتلات أحيانا في هيئة غطاء Operculum كمشرى الشكل يسقط من على التخت عند تفتح الزهرة، وقد يتركب الغطاء من طبقتين؛ احدهما علوية والأخرى قاعدية. وفي Dicentra من العائلة الخشخاشية Papaveraceae البتلتان الداخليتان للتويج تغلفان الأسدية في الزهرة، وبالتصاق جزئيهما الطرفين في هيئة قلنسوة يتكون غطاء فوق الاسدية والمسيم الوسطى.

٥ - مستدير Rotate ويشبه العجلة يكون منبسطا وعموديا على جزء قاعدى أنبوى الشكل قصير كما في جنس Brunnera من العائلة Boraginaceae.

وتتحور البتلات كثيرا في شكلها لتقوم بحفظ الرحيق Nectar الذي يجذب اليها الحشرات لتقوم بعملية التلقيح ونقل حبوب اللقاح. فمثلا، في زهرة البنفسج Viola odorata تتحور البتلة الخلفية الى تركيب على شكل مهياز لحفظ الرحيق.

ويرجع لون البتلات الى احتواء سيتوبلازم خلايا النسيج الاساسي للبتلة على بلاستيدات ملونة Chromoplasts أو وجود صبغات في العصير الخلوى، وأحيانا الى وجود النوعين معا. أما الرائحة فتربح الى وجود زيوت عطرية يفرزها بروتوبلاست خلايا البشرة.

التركيب التشريحي للبتلات

عادة يصل البتلات من التخت مسارات وعائية فردية، مسار واحد لكل بتلة، وفي بعض الاحيان تزود البتلة بثلاثة مسارات. الجهاز الوعائى في البتلة يتركب من حزمة وعائية كبيرة بالاضافة الى عدد من الحزم الصغيرة.

وتتركب البتلة من نسيج متوسط بارنكيى التركيب، يتألف من بضعة صفوف من الخلايا تغلفه البشرة على كل من السطحين. والبارنكيما في النسيج المتوسط عادة من النوع الاسفنجى، تحتوى على بلاستيدات ملونة، أو صبغات في العصير الخلوى، وقد يوجد النوعان معا.

وجدر خلايا البشرة تكون عادة رقيقة، تكسوها أدمة Cuticle يختلف سمكها تبعا لنوع النبات، وهى عادة مزركشة أو مخططة، نادرا تكون ناعمة. قد تنمو على البشرة شعور ناعمة تشبه نظيرتها التي على أوراق نفس النبات. والجدر الماسية لخلايا البشرة تكون اما مستقيمة او محدبة. الجدر القطرية لخلايا البشرة تكون كثيرا معرجة أو ذات

بروزات داخلية تتداخل فيما بينها الأمر الذي يزيد من قوة البشرة . وتختلف التجاويف التي بين البروزات في العمق والاتساع من نبات الى آخر، وقد تكون عميقة لدرجة أن الخلية تبدو نجمية الشكل . أحيانا، تكون التعرجات أكثر وضوحا على السطح السفلى أو مركزة فيه فقط . عند قاعدة البتلة وعلى امتداد الحزم الوعائية تكون الجدر القطرية لخلايا البشرة عادة مستقيمة . غالبا، تكون الجدر الخارجية لخلايا البشرة ذات حلقات Papillae وهي أكثر عددا على السطح الظهري كما في البنفسج Viola وهي غير موجودة عند قاعدة البتلة . الثغور، ان وجدت، تكون قليلة جدا، ولا تقوم بوظيفتها . كما توجد صيغات في بشرة البتلات وكذلك السبلات .

ترتيب السبلات والبتلات في البرعم الزهري Aestivation

ترتب السبلات والبتلات في البرعم الزهري في صور مختلفة . وتستخدم مصطلحات وصفية للتعبير عن هذا الترتيب منها :

١ - مصراعى Valvate اذا تجاوزت حواف السبلات والبتلات دون أن تراكب كما في العائلة الطلحية Mimosaecae .

٢ - متراكب Imbricate اذا تراكبت الحواف المتجاورة بعضها فوق بعض يحدث هذا الوضع في الاوراق الزهرية حلزونية الترتيب . ومن أنواع هذه التراكب المتراكبة ما يلي :

أ - خماسى Quincuncial وهو صورة شائعة في الأزهار خماسية الاوراق الزهرية، حيث توجد ورقتان خارجيتان، الأولى والثانية، وورقتان داخليتان، الرابعة والخامسة، والورقة الزهرية الثالثة تكون احدى حافيتها داخلية تحت الورقة المجاورة الأولى بينما الحافة الاخرى تراكب الخامسة . ويوجد هذا الطراز في كأس ازهار كثير من ذوات الفلقتين .

ب - ملتف Contorted حيث تراكبت حافة ورقة زهرية على حافة ورقة زهرية تالية لها، وفي نفس الوقت تراكب حافة الورقة السابقة على الحافة الأخرى أى تكون احدى الحافتين متراكبة بينما الأخرى الى الداخل من حافة ورقة مجاورة، كما في بتلات العليق Convolvulus .

٣ - منطقة طوليا Conduplicate : إذا انطبقت حافتا الورقة الزهرية الى الداخل على طول امتداد العرق الوسطى .

٤ - ملتفة الحافتين للداخل Involute : إذا التفت كل من الحافتين من السطح العلوى في اتجاه العرق الوسطى . وإذا كان التفاف الحافتين على السطح السفلى أى ملتفة الى الخارج عرف هذا الترتيب باسم Revolute أما إذا التفت الورقة كلها

في اتجاه واحد عرفت باسم ملتفة *Convolute*.

Androecium

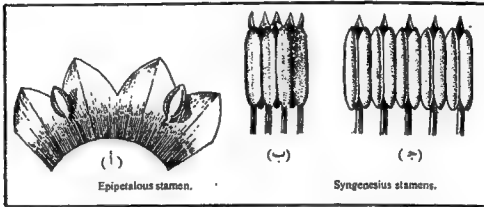
الطلع

الطلع هو المحيط الأساسي الأول في الزهرة الكاملة، وتسمى كل وحدة من وحداته سداة *Stamens*. ومن الناحية العددية، يتراوح عدد الأسدية في الزهرة فيما بين سداة واحدة فتسمى الزهرة وحيدة السداة *Monandrous* وعدد غير محدود منها فتسمى الزهرة عديدة الأسدية *Polyandrous*. وقد يصل عدد الأسدية في الزهرة الى حوالي ٨٠ سداة كما في بعض أنواع العائلة *Euphorbiaceae* وقد يصل الى مائة أو مائة وخمسين سداة مرتبة في صفوف كما في بعض أجناس العائلة الشقية *Ranunculaceae*.

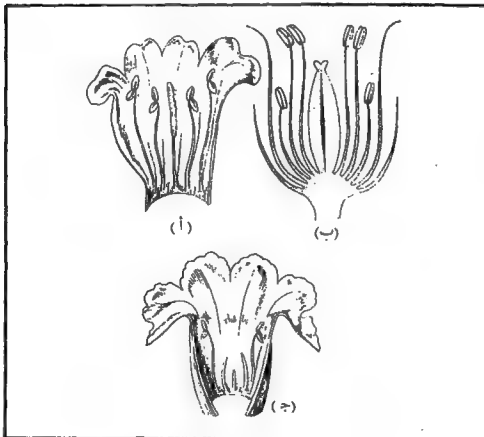
وتتميز الغالبية العظمى من مغطاة البذور بأن الأسدية ترتب سواريًا على التخت، والترتيب الحلزوني للأسدية يتميز به الطلع البدائي *Primitive androecium* الذي يوجد في كثير من ذوات الفلقتين البدائية مثل العائلة الماجنولية *Magnoliaceae* والقشبية *An-nonaceae* وإذا كانت الأسدية في محيط واحد يسمى الطلع أحادي المحيط *Haplo-stomonas* وإذا رتبت في محيطين، الخارجية منها متبادلة مع البتلات، يسمى الطلع ثنائي المحيط *Diplostomonas*. وإذا كانت الأسدية في أكثر من محيطين يسمى الطلع عديد المحيطات *Polystomonas*. والطلع عديد المحيطات يعتبر بدائيًا. العائلات التي ترتب فيها الأسدية في محيطين تعتبر سابقة في منشئها للعائلات التي ترتب أسدية الزهرة فيها في محيط واحد أي تعتبر أكثر رقيًا من الأولى. أما الترتيب السواري في الطلع فيمثل محورًا من الترتيب الحلزوني. وتكون الأسدية كثيرًا فوق بتلية *Epipetalous* (شكل ١١٤) إذا التحمت بالتويج، قليلًا ما يحدث التحام خيوط الأسدية بأجزاء الغلاف الزهري فتسمى فوق سبيلة *Episepalous* كما في العائلة *Proteaceae*. وقد تلتحم الأسدية مع أعلام ومياسم الكرابل مكونة تركيبًا واحدًا يسمى *Gynostegium* كما في العائلة *Asclepidaceae* والأوركيدية *Orchidaceae*.

وعادة تكون الأسدية على التخت متبادلة في وضعها مع البتلات وبذلك تكون مقابلة للسبلات *Antisepalous*. وأحيانًا تقابل الأسدية البتلات فتسمى مقابلة *Antisepalous* كما في *Primula*.

وعادة تكون الأسدية متساوية في الطول. وفي بعض الأحيان كما في حشيشة الشقوق *Linaria* والمثبور *Matthiola* توجد سداتان طويلتان وغيرهما قصيرتان، فيسمى الطلع طويل الاثنين *Didynamous* (شكل ١١٥). وفي العائلة الصليبية، الطلع يتركب من ستة أسدية، أربعة طويلة واثنان قصيرتان، فيسمى طويل الأربع *Tetradynamous* (شكل ١١٥).



(شكل ١١٤): أ - أسدية فوق بتلية.
ب - ج - أسدية ملتصحة المتوك بينها الخيوط سائبة.



(شكل ١١٥): أ - طلع طويل الاثنتين.
ب - طلع طويل الأربع.
ج - طلع عقيم.

الاختزال في عدد الأسدية

اختزال عدد الأسدية في المحيط الواحد من الطلع كثيرا مايتنوع مداه في العائلة الواحدة. فقد ينزل العدد من خمسة أسدية الى أربعة وحتى سداتان كما في عائلة Scrophylariaceae وحتى في نفس الجنس كما في Polygonum من تسع أسدية أو ستة الى ثلاث وحتى سداتان. وقد يحدث الاختزال بدرجة كبيرة حتى يصبح الطلع مكونا من سداة واحدة كما في Wolffia والكازوارينا Casuarina وNajas ومعظم الأوركيدات Orchids.

وقد يحدث الاختزال أيضا في عدد محيطات الطلع، فقد يغيب محيطات الأسدية كلها، وأحيانا يغيب المحيط الداخلى للأسدية في بعض العائلات بينما يغيب المحيط الخارجى في عائلات أخرى.

ويتنوع شكل ووظيفة الأسدية العقيمة Staminodia في الزهرة. فقد تتحول الى أجزاء بتلية كما في Eupomatia من العائلة القشطية، أو أعضاء افرازية. وقد تمثل هذه الأسدية العقيمة بتراكيب قصيرة وغلظية على التخت. ويعتبر الاختزال الى سداة واحدة خصبة نصف المتك فيها بتليا Petaloid من صفات بعض العائلات، أحادية التناظر مثل عائلة نبات الكنا Cannaceae والعائلة الزنجارية Zingiberaceae.

تركيب السداة

تركب السداة في مغطاة البذور عادة من خيط Filament ومتك Anther. وإذا كان الخيط غير موجود اعتبرت السداة جالسة.

والسداة البدائية لا يتميز فيها خيط ومتك، كما توجد سداة أكثر بدائية في مغطاة البذور الحالية في جنس Degeneria من العائلة الشقية. هذه السداة عريضة، تشبه نصل الورقة لا يتميز فيها خيط أو متك أو موصل، وتحتوى على ثلاث حزم وعائية. أكياس حبوب اللقاح Pollen sacs تكون غائرة عميقا داخل السطح السفلى قريبا من منتصف هذه السداة توجد أيضا في العائلة القشطية بينما في العائلة الماجنولية توجد أكياس حبوب اللقاح على السطح العلوى.

في الأزهار الرقيقة، يضيّق نصل السداة تدريجيا، الجزء القاعدى يصبح الخيط بينما الطرفى يصبح المتك، ومنطقة العرق الوسطى تصبح الموصل، وهو النسيج العقيم بين فصى المتك.

أ - الخيط Filament وهو الجزء من السداة الذي يحمل المتك. يختلف الخيط في شكله، فقد يكون عريضا يشبه البتلة ومجنحا، أو أسطوانيا متطاولا، أو خيطيا أو

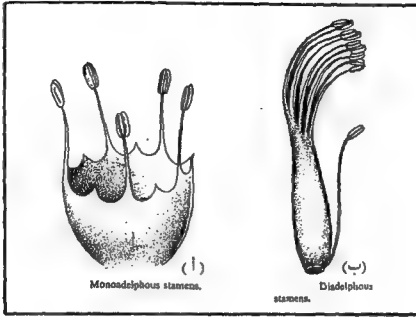
متفرعا كما في الخروع حيث يكون الطلع في هيئة تركيب غزير الفرع يحمل المتوك على الفريعات الدقيقة. الخيوط العريضة تعتبر أكثر بدائية من غيرها.

وأحيانا تكون المتوك جالسة Sessile بدون خيوط كما في الجوز Juglans وجنس Najas. الجزء القاعدى الضيق من السداة ذات الشكل الورقى في أنواع بعض العائلات البدائية مثل الماجنولية والقشطية يمكن اعتباره خيطا قصيرا عريضا لا يتعدى قاعدة ضيقة للنصل. وقد يتخشب الخيط أحيانا كما في جنس Kingia من العائلة الزنبقية، وقد يكون لحميا وطويلا ومستديا كما في المتشور Matthiola والورد Rosa أو في هيئة أسنان كما في الكتان Linum وقد يكون قصيرا وسميكا كما في العائلة القشطية.

وقد يحمل الخيط تراكيب أذينية عند قاعدته كما في البصل Allium والبنفسج Viola أو عند قمته كما في Mahonia من العائلة Berberidaceae. والتراكيب الأذينية تختلف مورفولوجيا عن بعضها البعض، فقد تكون أذينية حقيقية، أو تمثل بقايا أسدية أو نموات غدية. وفي Dicentra من العائلة الخشخاشية Papaveraceae يوجد عند قاعدة الخيط غدة رحيقية على كل من جانبيها.

وخيوط الأسدية في نبات Mahonia جساسة تنحني الى الداخل عند لمسها، وأحيانا تقل الخيوط في الطول عند اللمس كما في العائلة المركبة. عادة، تبقى الخيوط قصيرة حتى مرحلة متأخرة من تكوين الزهرة، وتزداد طولاً بعد تفتحها نتيجة لاستطالة خلاياها. ففي نبات الشوفان Avena sativa يزداد طول الخيوط بدرجة كبيرة خلال عملية التلقيح معرضا المتوك للهواء. وقد يكون الخيط قصيرا وسميكا يحمل زوجين من المتوك كما في العائلة الشقيقة.

وقد تلتحم خيوط الأسدية في الزهرة مكونة حزمة واحدة فتسمى الأسدية وحيدة الحزمة Monadelphous (شكل ١١٦) كما في الكتان، حيث تلتحم الخيوط عند قاعدتها مكونة تركيبا أسطوانيا يوجد خارجه غددا مفرزة للرحيق. وقد ينتج عن التحام الخيوط تركيب أنبوبي يسمى الأنبوبة السدائية Staminal tube كما في العائلة الخيازية Mal-vaceae وقد يحدث الالتحام بين المتوك فقط بينما تبقى الخيوط سائبة تسمى ملتحمة المتوك Syngenesious (شكل ١١٤) كما في معظم أزهار العائلة المركبة Asteraceae. وأحيانا تلتحم الخيوط في حزمتين فتسمى الأسدية ثنائية الحزم Diadelphous (شكل ١١٦) كما في العائلة الفراشية Fabaceae. كما قد تلتحم خيوط الأسدية في عدة حزم فتسمى الأسدية عديدة الحزم Polyadelphous كما في جنس Citrus. في جنس Cylanth-ern من العائلة القرعية cucurbitaceae تلتحم الأسدية كليا، فيتكون عامود وسطي يحمل عند قمته حلقيتين تحتويان على حبوب اللقاح.



(شكل ١١٦): أ - أسدية وحيدة الحزمة.

ب - أسدية ثنائية الحزم.

بالإضافة إلى التعام خيوط الأسدية سواء في حزمة واحدة أو أكثر، فإن كل متك من أزهار جنس القرع *Cucurbita* ينطوي ثلاث طيات، وتلتحم معا عن طريق موصلاتها مكونة تركيبا في هيئة عامود وسطى. وفي جنس *Cyclanthea* من العائلة القرعية أيضا تلتحم الأسدية التحاما كليا في حزمة واحدة على شكل عامود تعلوه حلقتين، ذات أكياس تحتوي على حبوب اللقاح، تنفتح عرضيا.

وأحيانا، تكون الخيوط ملونة، وقد تكتسب الزهرة لونها من لون هذه الخيوط السدائية كما في زهرة السنط *Acacia*. ويرجع اللون إلى وجود صبغات في العصير الخلوي لخلايا النسيج الأساسي للخيوط.

وفي بعض النباتات، تحتوي الزهرة على غدد رحيقية سدائية *Staminal nectaries*. وقد توجد هذه الغدد على خيوط المتوك كما في القرنفل *Dianthus* أو على الموصل كما في البنفسج *Viola* أو عند قواعد الخيوط كما في جنس *Dicenta* من العائلة الخشخاشية. كما توجد هذه الغدد أيضا على حزمة الخيوط الملتحمة في العائلة الفراشية *Fabaceae*.

التركيب التشريحي للخيوط

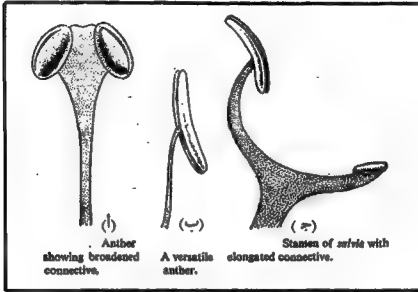
البشرة في الخيط تكسوها أدمة *Cuticle* وأحيانا شعور دقيقة. النسيج الأساسي

يتركب من خلايا بارنكيمية ذات فجوات عصارية، تحصر فيها بينها مسافات بينية صغيرة، أحيانا يحتوى العصير الخلوى لهذه الخلايا على صبغات. عادة يمتد داخل خيط السداة حزمة وعائية واحدة مركزية الخشب تمتد حتى الموصل وقد تصل الى مسافة معينة فيه. قليلا ماتوجد حزمتان وعائيتان في الخيط كما في بعض أجناس العائلة البشنينية Nymphaeaceae وبعض أجناس العائلة التينية Fagaceae. وفي الكازوارينا Casuarina تلتحم الحزمتان الوعائيتان عند قاعدة الخيط ليتكون عنها حزمة وعائية مركزية الخشب. ومعظم الأسدية البدائية التي تشبه نصل الورقة تكون ذات ثلاث حزم وعائية كما في العائلة القشطية وكثير من أفراد العائلة الماجنولية والبشنينية. يعتبر تفرع النسيج الوعائى في الخيط الذي يحتوى على حزمة وعائية نادرا بينا يكون شائعا في الأسدية ثلاثية الحزم. ب - المتك Anther وهو جزء السداة الذي يحتوى على حبوب اللقاح. ويتنوع المتك في شكله فيما بين الخيطى والسهمى حتى شبه الكروى وذى الأربع زوايا. والمتك النموذجى الناضج يتركب من فصين Lobes يرتبطان معا بنسيج يسمى الموصل Connective. أحيانا، ينقسم الموصل طوليا حتى الخيط كما في جنس Corylus وبذلك يفصل كل فص متكى عن الآخر.

في العائلات البدائية، مثل الماجنولية والبشنينية يمثل الموصل الجزء الرئيسى في السداة حيث يكون عريضا يشبه نصل الورقة، بينما في العائلات الراقية، مثل المركبة Asteraceae يكون الموصل رفيعا أو خيطيا، وكما هو الحال في العائلة النجيلية Poaceae. ويمتد الجزء الطرفى من الموصل كثيرا في هيئة زائدة كما في العائلة الماجنولية Mag-noliaceae والبشنينية Nymphaeaceae. أحيانا، تحدث هذه الظاهرة في بعض مغطاة البذور الأكثر رقا مثل المركبة، حيث يمتد الموصل فيما بعد المتك في هيئة زائدة، عريضة تمثل محورا يتوافق مع عملية التلقيح حيث يؤدى تجمع هذه الزوائد العريضة الى غلق الأنبوبة السدادية لتجنب اهدار حبوب اللقاح. وقد يستطيل الموصل بدرجة كبيرة ليتكون عنه حاملا جديدا يحمل عند أحد طرفيه فص متكى خصب وفي الآخر فص عقيم كما في السالفيا Salvia (شكل ١١٧).

والمتك الذي يتركب من فصين يسمى ثنائى الفص Ditheous والذي يتركب من فص واحد يسمى وحيد الفص Monotheous. المتك ثنائى الفص هو النموذجى ويوجد في الغالبية العظمى من مغطاة البذور.

ويتركب الفص المتكى من حافظتين جرثوميتين أو كيسين لحبوب اللقاح، بينما المتك أحادى الفص يحتوى على حافظتين جرثوميتين فقط. وفي كثير من انواع العائلة الشفوية Lamiaceae يكون الفص المتكى الثانى غائبا أو عقيما. وفي عائلة الكنا Cannaceae



(شكل ١١٧): أشكال الموصل وطريقة اتصال الخيط بالبتك مفصليا.

أ - موصل متضخم.

ب - اتصال الخيط بالبتك مفصليا.

ج - موصل عند أفتيا.

يكون أحد الفصين عاديا بينما الفص الآخر يكون بتليا.

وعندما تنضج حبوب اللقاح يصبح الفص المتكى مكونا من كيس واحد نظرا لتحطم الجدار الواقع بين كيسي حبوب اللقاح. وفي عائلات أخرى، كما في بعض أنواع الأوركيد، يتحطم هذا الجدار مبكرا فتختلط حبوب اللقاح معا أو تبقى كل مجموعة بجانب الأخرى دون أى فاصل. ومن ناحية أخرى، قد تتكون حواجز عرضية، تتركب من خلايا عقيمة، في الفص المتكى كما في العائلة الطلحية Mimosaecae، فيصبح الفص المتكى الناضج عديد الحجرات ويبدو محتويا على تجمعات طويلة من حبوب اللقاح.

الارتباط بين الخيط والبتك

تنوع طرق ارتباط الخيط بالبتك تبعاً لنوع الزهرة، رغم أنها جزئين لعضو واحد. ويتضح ذلك فيما يلي:

- ١ - قاعدي Basifixed: إذا اتصل المتك بقمة الخيط عند قاعدة الموصل. ويعتبر هذا الطراز بدائيا.
- ٢ - ظهري Dorsifixed: إذا اتصل الخيط بالسطح الظهري للمتك على امتداد

الموصل . ويعتبر هذا الطراز راقيا .

٣ - مفصل Versatile وفي هذا الطراز تكون قمة الخيط رقيقة وتتصل بظهر المتك في نقطة واحدة، مما يجعل المتك قادرا على الحركة في أى اتجاه . وهذا الطراز راق (شكل ١١٧) .

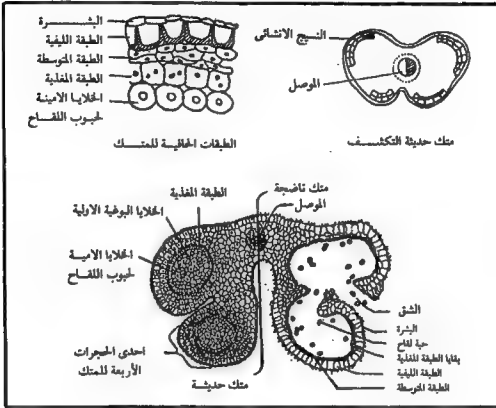
والخيط قد يكون متفرعا في مستوى واحد كما في العائلة الأسيية Myrtaceae أو في عدة مستويات كما في الخروع Ricinus . وفي العائلة Myrtaceae يكون الطلع زاهى اللون واضحا تماما، ويمثل عضوا جاذبا للحشرات كما في نبات فرشة الزجاج Callistemon حيث يتكون عن الخيوط العديدة الطولية تركيب بنفسجى اللون يشبه الفرشة يكون طولها عدة مرات قدر طول التويج . ويزرع هذا النبات في الحدائق . ويشاهد على السطح الأمامى للمتك تجويف طولى يحدد موضع اتصال الفصين، ويكون عادة في مواجهة الكرابل . والسطح الظهري هو الذي يتصل به خيط السداة .

تركيب جدار المتك

تظهر بداية السداة في هيئة بزور مستدير الشكل على محور الزهرة، عادة كل بداية ينشأ عنها سداة واحدة وقليل ما تنشط البداية ويتكون عنها سداتين . ويتكشف المتك مبكرا خلال مراحل تكوين السداة، بينما يتأخر تكوين خيط السداة، ولهذا، فإن البرعم الزهرى حديث التكوين يشاهد فيه المتك بينما لم يكن الخيط قد تكشف بعد . ولا يوجد جدار خاص للكيس الجروئوى في المتك، وتمثل هذه الظاهرة احلى صفات مغطاة البذور .

يتركب جدار المتك خلال تكوين حبوب اللقاح من البشرة، ثم الطبقة الليفية، فالطبقات الجدارية، ثم الطبقة المغذية (شكل ١١٨) . وترتكب البشرة Epidermis وتركب من صف واحد تتخللها بعض الثغور التي يحتمل أن تكون غير نشطة . قد تكون خلايا البشرة حلمية، وقد تكسوها شعور غزيرة . وتتميز بالبشرة خلايا صغيرة رقيقة الجدر على امتداد خط انفتاح المتك . وقد تتحطم خلايا البشرة قبل انفتاح المتك فوق مناطق معينة من السطح، ويبقى بعضها فوق موضع الحاجز بين كيسى حبوب اللقاح كما في الكازوارينا Casuarina والبروميا Peperomia حيث توجد بقايا من خلايا البشرة .

وترتكب الطبقة الليفية Endothecium من صف واحد من خلايا كبيرة، عديمة البروتوبلازم، تتميز بوجود تغلظات ثانوية في صورة أشربة أو حلزونات ترسب على جدرها الداخلية غالبا . تتجه هذه التغلظات عموديا على خلايا البشرة، وهى ملجننة أو



(شكل ١١٨): ق. ع. في المتك قبل وبعد انفتاحها

مسبوسة. والطبقة الليفية تكون غير موجودة في المتوك التي تنفتح بواسطة الثقوب أو المصاريع، وهي غائبة أيضا في بعض العائلات مثل الأوركيدية Orchidaceae والعشارية Asclepiadaceae والحريقية Urticaceae التي يتكون فيها جدار المتك من طبقة واحدة والنباتات المائية المغمورة غالبا. ولا تشبه خلايا الطبقة الليفية الألياف في النبات.

فالمحور الطويل لخلايا الطبقة الليفية قد يكون موازيا لفتحة المتك كما في كثير من الأنجاس مثل Silene من العائلة القرنفلية Caryophyllaceae و Plantago من العائلة Plantaginaceae أو عموديا عليها في أخرى مثل الكمثرى Pyrus. وتمثل الطبقة الليفية تركيبا ميكانيكيا له دور رئيسي في عملية انفتاح المتك.

وتترتب الخلايا الجدارية Parietal cells في صف أو أكثر، رقيقة الجدر، تقع بين الطبقة الليفية والطبقة الداخلية المغذية، هذه الخلايا تتحطم بعد نضج حبوب اللقاح واختفاء الطبقة المغذية وقبل انفتاح المتك، وهي خلايا صغيرة الحجم، مفككة نوعا، بارنكيمي. ويصعب تمييز هذه الخلايا في المتوك الناضجة قبل انفتاحها.

والطبقة المغذية Tapetum عبارة عن طبقة من صف واحد من الخلايا تحيط بالخلايا الجرثومية Sporogenous cells التي تتكون منها حبوب اللقاح. وتحيط هذه الطبقة بالكيس الجرثومي وتقوم بإمداد حبوب اللقاح بالغذاء خلال مراحل تكوينها، وربما تبنى مادة الجدار الخارجى لحبة اللقاح في خلايا هذه الطبقة.

وكثيرا ما تكون الطبقة المغذية غير منتظمة في محيطها أو سمكها، خلاياها كبيرة الحجم ذات جدر رقيقة، غنية بالمحتويات البروتوبلازمية الكثيفة، ذات نواة واحدة وأحيانا نواتين أو أكثر كما في الحس Lactuca.

ويوجد طرازان من الطبقة المغذية؛ الأول غدى أو إفرازى والثانى أميبى. الطراز الغدى Glandular أو الإفرازى Secreory خلاياه كثيفة في محتوياتها وتفرز محتويات بروتوبلازمية تحيط بالخلايا الأمية لحبوب اللقاح والحبوب الأخذة في التكوين لإمدادها بالغذاء. والجدر الخلوية في هذا الطراز تتحطم أو تختفى بتكوين البلازموديوم.

أما الطراز الثانى الأميبى Ameboid tapetum يزداد فيه حجم بروتوبلازم الخلايا، ويتحرر من الجدر الخلوية أما بتحطم هذه الجدر أو ينفذ من خلال الجدر المتكسرة. هذه البروتوبلازيمات تمثل بلازموديوم غذائى Tapetal plasmodium يتوغل فيما بين الخلايا الأمية لحبوب اللقاح والجراثيم الصغيرة حيث يقوم بتغذيتها وبناء جدرها الخارجية، وأخيرا تمتص بقايا البلازموديوم ويستهلك.

وتنشأ التراكبات اللزجة التي تكسو حبوب اللقاح في الأزهار حشرية التلقيح من الطبقة المغذية. وفي أحد أنواع الطراز الأميبى، وهى أربعة طرز، ينشأ البلازموديوم متأخرا وذلك بتكوين بروزات من بروتوبلازم خلايا الطبقة المغذية بين حبوب اللقاح قبل استكمال نضجها، وتنتقل أنوية الخلايا في هذه البروزات اللسانية Tongue-like والتي ترقد فيها هذه الحبوب. بعد تكوين الجدار الخارجى لحبة اللقاح تتلاشى بقايا البروتوبلازيمات والأنوية.

Anther Dehiscence

انفتاح المتك

ينفتح المتك تلقائيا بعد أن يتم نضجه. وإذا كانت فتحة المتك التي تنتشر منها حبوب اللقاح في مواجهة المتاع كان الانفتاح داخليا Introse كما في البنفسج Viola أما إذا كان في مواجهة التويج اعتبر خارجيا Extrose كما في المانجوليا Magnolia. وتنتشر حبوب اللقاح من المتك عن طريق فتحات طويلة أو ثقب أو مصاريع:

١ - الانفتاح الطولى Longitudinal Dehiscence قبل أن ينفتح المتك، يتلاشى الحاجز بين كيسى حبوب اللقاح في كل فص متكى فيصبح مكونا من كيس

واحد. وتقع منطقة الانفتاح في مواجهة هذا الحاجز على امتداد التجويف بين كيسى حبوب اللقاح (شكل ١١٨). وخلايا البشرة في منطقة الانفتاح تكون صغيرة جدا، ذات جدر رقيقة، سهلة التمزق مع نضج المتك، أحيانا تتحطم هذه الخلايا عند نضج المتك كما في الكنا Canna وكثير من نباتات العائلة المركبة، وقد تفقد كليا أو جزئيا كما في العنب Vitis. ومن ناحية أخرى، قد تصبح خلايا البشرة على جانبي خط الانفتاح جافة، جدرها سميكه كما في الطماطم Lycoper-sicon وقد تتكون شعور رقيقة من البشرة على جانبي خط الانفتاح تسهم في انتشار حبوب اللقاح.

والطبقة الليفيه ذات أهمية رئيسية في عملية الانفتاح الطولي (شكل ١١٨). فعندما يتم نضج المتك، وتعرضه للجفاف، تفقد الطبقة الليفيه جزءا من محتواها المائى الأمر الذي يؤدي الى انكماش خلاياها تجاه وسطها لعدم وجود تغلظات في الجدر الخارجية، وأخيرا تنشئ الجدر الخارجية وتنكمش. خلايا منطقة الانفتاح بين كيسى حبوب اللقاح لاتستطيع مقاومة الضغط الناشئ عن انكماش خلايا الطبقة الليفيه فتتمزق وينفتح المتك طوليا. واستمرار جفاف المتك يؤدي الى انكماش حواف الفتحة فتزداد اتساعا. هذا الانفتاح يحدث ابتداء من قاعدة المتك حتى قمته.

٢ - الانفتاح الثقبى Poricidal Dehiscence وهذا النوع من الانفتاح يكون شائعا في العائلة Ericaceae وبعض أنواع الباذنجانية Solanaceae حيث يوجد ثقب أو أكثر عند قمة المتك، ونادرا ماتكون الثقوب عند قاعدة المتك. ويتكون الثقب نتيجة لتحلل جدار المتك في مساحة صغيرة مع انكماش في الخلايا المحيطة. ونادرا ما يحدث شق صغير في منطقة الثقب.

٣ - الانفتاح المصراعى Valvular Dehiscence : الفتحة التي تحدث في جدار المتك تترك جزءا من هذا الجدار في هيئة مصراع Valve يظل متصلا بالجزء العلوى من جدار المتك. وقد ينشئ المصراع الى الخارج أو الداخل حاملا معه حبوب اللقاح كما في بعض العائلات مثل Laurecea. وقد تبقى المصاريع لفترة متصلة بجدار المتك. ويختلف عدد المصاريع في المتك تبعا لنوع النبات. فمثلا، في زهرة القرفة توجد أربعة مصاريع بينما في زهرة الباربرى Barbary يوجد مصراع واحد صغير في المتك.

٤ - الانفتاح المتفجر Explosive Dehiscence : وتتصف به كثير من أجناس العائلة الحريقية Urticaceae.

حيث تتحرر حبوب اللقاح بانفجار جدار كيس حبوب اللقاح، وربما نتيجة لانتفاخ داخلي أو ضغط حبوب اللقاح الأخذة في النضج على الجدار الرقيق.

وتتميز النباتات المائية المغمورة، غالباً، بأن جدار المتك فيها يتركب من صف واحد من الخلايا، ففي جنس *Zostera* يتركب جدار المتك من طبقتين من الخلايا. الطبقة الخارجية تمثل البشرة، خلاياها بارنكيميية، بينما الداخلية تكون خلاياها رفيعة ذات جدر سميك نوعاً لا تشترك في عملية الانفتاح. وانتفاخ عدد من الخلايا فوق الحاجز يؤدي إلى انفجار المتك.

التركيب المورفولوجي لحبوب اللقاح

حبة اللقاح *Pollen grain* عبارة عن جهاز وحيد الخلية، خال من الكلوروفيل، لديه القدرة لاستخدام مكوناته الداخلية ووسط النمو الخارجي لانباتها ونمو أنبوبة اللقاح *Pollen tube* من الحبة. هذا الجهاز هو الذي يحمل الصفات الوراثية الذكورية إلى الكيس الجنيني في البويضة داخل المبيض، ويشترك في عملية الاخصاب *Fertilization* ويحدث بداخلها العديد من العمليات الكيموحيوية المرتبطة بأنشطتها. وأنبوبة اللقاح عبارة عن جهاز مزود بجميع المواد اللازمة لنقل المشيجتين الذكورتين إلى الكيس الجنينى.

وحبة اللقاح ذات سيتوبلازم كثيف به مواد غذائية مخزونة في صورة حبيبية، ولهذا تظهر عكرة. ولقد أوضح التركيب الكيماوى لحبوب اللقاح أنها تحتوى على بروتينات تتراوح بين ٢٦-٧٠٪، ومواد كربوهيدراتية تتراوح بين ٢٤-٤٨٪ ودهون تتراوح بين ١-٥٪، وتبلغ الرطوبة فيها حوالي ١٦-٧٪. كما تحتوى حبة اللقاح على كميات وفيرة من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور والمنجنيز، وأخرى غيرها، والكاروتينويدات شائعة في حبوب اللقاح. وبروتينات حبوب اللقاح تحتوى على كميات وفيرة من الأحماض الأمينية الرئيسية مثل *Arginine* و *Asparagine* و *Proline* بالإضافة إلى الأنزيمات.

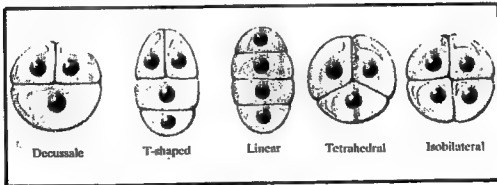
والمواد البروتينية في حبة اللقاح الناضجة تكون كافية، ويستفاد منها في بداية انباتها وتكوين أنبوبة اللقاح، وتسهم في الاستفادة من هذه المواد مجموعة كبيرة من الأنزيمات. كما تحتوى حبة اللقاح على حويصلات بها مكونات جدار أنبوبة اللقاح، واتحاد هذه الحويصلات بسبب زيادة حجم الأنبوبة، كما أن التحامها مع الغشاء البلازمى يؤدي إلى زيادة امتدادها.

ويتنوع حجم حبوب اللقاح بدرجة كبيرة، ويمكن أن تصنف تبعاً للحجم إلى

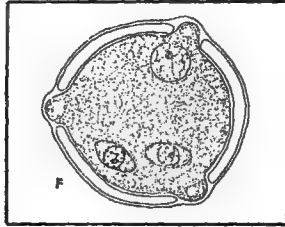
مجموعات: وصغيرة جدا قطرها أقل من عشرة ميكرون (شكل ١١٩)، صغيرة قطرها يتراوح بين ١٠-٢٥ ميكرون، ومتوسطة ٢٥-٥٠ ميكرون، وكبيرة ٥٠-١٠٠ ميكرون، وكبيرة جدا ١٠٠-٢٠٠ ميكرون، وضخمة يزيد قطرها عن ٢٠٠ ميكرون. كما توجد حبوب ضخمة في القرع (*Cucurbita* ٢٣٠ ميكرون) وفي ورد الليل (*Mirabilis jalapa* قطرها ٢٥٠ ميكرون).

وحبوب اللقاح دقيقة المظهر، غالبا صفراء اللون، في معظم الحالات، توجد الحبوب فرادى في كيس حبوب اللقاح. في بعض النباتات، كما في العائلة الخلنجية *Ericaceae* تنتشر حبوب اللقاح في رباعيات (*Tetrads* شكل ١١٩). وفي بعض الأنجاس مثل السنط *Acacia* تتلاصق الرباعيات في مجموعات من ٦٤ حبة لقاح. وفي العائلة العشارية *Asclepiadaceae* تتجمع الحبوب لقاح الكيس في كتلة واحدة متماسكة مكونة مجموعة لقاحية واحدة *Pollinium*. في بعض أجناس العائلة الأوركيدية *Orchidaceae* تكون المجموعة اللقاحية أقل تماسكا، وتضم مجموعات صغيرة من حبوب اللقاح *Massulae* ترتبط فيها بينها بخيوط تسمى *Viscin threads*. نادرا ما تنتشر حبوب اللقاح في أزواج.

ولقد سبقت الإشارة في الفصل الأول الى أن حبة اللقاح الناضجة، عند انتشارها من المتك تحتوي على خليتين مختلفتين في الحجم والشكل. الخلية الصغرى تسمى الخلية التناسلية *Generative cell* تكون عادة عدسية الشكل، ونواتها ذات نوية صغيرة، والخلية الأخرى تسمى خلية الأنبوبة *Tube cell* كبيرة الحجم ذات نوية كبيرة تحتوي على نوية واضحة (شكل ١٢٠). الخلية التناسلية عارية بدون جدار وترقد في سيتوبلازم خلية الأنبوبة. وقد تنقسم النواة التناسلية قبل انتشار حبوب اللقاح فيتكون عنها مشيجتين ذكريتين. ولقد وجد أن حبة اللقاح في العائلة البنفسجية *Violaceae* تنبت



(شكل ١١٩): بعض تجمعات حبوب اللقاح.



(شكل ١٢٠): حبة اللقاح عند الانتثار من المتك.

وهي لا تزال داخل أكياس حبوب اللقاح.

وحبة اللقاح الناضجة تكون محاطة بجدار رقيق يسمى الجدار الداخلي Intine وهذا الجدار يوجد في مغطاة البذور، ومحيط بمحتويات حبة اللقاح. وهو أملس، متجانس في السمك، وغير مكوتن، يتركب أساسا من السليلوز بالإضافة الى مركبات بكتينية وسكريات عديدة وبروتينات.

والجدار الداخلي يحيط به من الخارج جدار خارجي Exine (شكل ١٢١). والمكون الرئيسي للجدار الخارجى مادة تسمى Sporopollenin تقوم الطبقة المغذية بتكوينها حيث تتقل بعد ذلك الى حبوب اللقاح. ويختلف سمك جدارى الحبة تبعا لنوع النبات، فالجدار الخارجى أكثر سمكا من الداخلى. ويبلغ سمك الجدار الخارجى في القمح ٣ر٤ ميكرون بينما الداخلى ٣ ميكرون، وفي الجوز Juglans يكون الخارجى حوالى ١٠ ميكرون بينما يتراوح الداخلى بين ٩ر٢-٩ر٨ ميكرون. والجدار الخارجى طويل البقاء، فقد وجدت أمثاله في حفريات صخور الحقب الباليوزى الذي استمر حوالى ٣٦٨ مليون سنة، وانتهى منذ حوالى ١١٥ مليون سنة.

والجدار الخارجى Exine لحبة اللقاح يتركب من طبقتين، خارجية تسمى Extexine وأخرى داخلية تسمى Endexine (شكل ١٢١). والطبقة الداخلية تحيط تماما بالجدار الداخلى Intine. وهى عبارة عن غشاء متجانس، أملس، بينها الطبقة الخارجية لهذا الجدار، في معظم مغطاة البذور، تكون مبرقشة أو مزخرفة نتيجة لوجود حبيبات في هيئة أشرطة عصوية قصيرة تسمى Bacula ذات رؤس متفخمة، وقد تكون منفردة أو متجمعة في مجموعات. في كثير من النباتات، تلتحم الرؤس المتفخمة معا وتتسع جانبيا مكونة

الطراز بدائي وتتميز به حبوب لقاح النباتات ذات الفلقة الواحدة ومعظم عائلات الرتبة الشقية Ranales لاسيما العائلات الشجرية مثل الماجنولية Magnoliaceae كما توجد أيضا في العائلة الفلفلية Piperaceae.

وتوجد حبوب اللقاح ثلاثية الأخدود في ذوات الفلقتين، ومع هذا، فإن حبوب اللقاح في العائلة البشينية Nymphaeaceae تتميز بأنها ذات أخدود واحد في بعض الأجناس، وفي غيرها تكون ثلاثية الأخاديد.

وتوجد طرز أخرى مثل عديمة الأخدود Acoplate وثنائية الأخدود Dicoplate وعديدة الأخاديد Polycoplate.

وتتركز الصفات الأساسية لحبوب اللقاح في عدد وموضع الأخاديد، وشكل وموضع الثقوب، بالإضافة إلى الصور السطحية في الجدار الخارجى. وتمثل الصور السطحية أو الزخرفة الظاهرية لحبة اللقاح في معظم الحالات وسائل عديدة للتعرف على حبوب اللقاح. وقد توجد أشواك صغيرة وغيرها من الزوائد على سطوح حبوب اللقاح.

وترجع الصور السطحية أو الزخرفة السطحية لحبة اللقاح إلى الترتيب الخاص للأشرطة القصيرة الشعاعية والحبيبية Bacula التي توجد على سطح الجدار الخارجى لحبة اللقاح. وقد تكون عناصر الصور السطحية في هيئة شبكة Reticulate أو مخططة بالتوازي Steriate أو صولجانية الشكل Clavate إذا كان ارتفاع عناصر الصورة السطحية أكبر من قطرها.

وحبوب اللقاح يضاوية الشكل شائعة بين ذوات الفلقة الواحدة أكثر منها في ذوات الفلقتين، غير أن هذه ليست صفة مميزة بين المجموعتين. وحبوب اللقاح في الوحدة الرباعية Tetrad تترتب عادة في مستوى واحد في ذوات الفلقة الواحدة بينما في ذوات الفلقتين يكون رباعى الجوانب. كما أن حبوب ذوات الفلقة الواحدة ذات ثقب واحد بينما ذوات الفلقتين تكون عادة حبوبها ذات ثلاثة ثقوب. ورغم هذه الصفات المميزة لحبوب ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين فإن هناك حالات استثنائية. فحبوب لقاح ذوات الفلقتين ذات الثقب الواحد توجد في العائلة الفلفلية Piperaceae وفي الأنواع الشجرية في عائلات الرتبة الشقية Ranales. في العائلة البشينية Nymphaeaceae يوجد في حبوب لقاح بعض أجناسها ثقب واحد وغيرها ذات ثلاثة ثقوب. كما توجد أيضا حبوب لقاح ذات أربعة ثقوب.

والثقوب متنوعة في العدد بالجدار الخارجى للحبة، وهى مختلفة في حجمها وأشكالها وتعتبر مميزة لنوع النبات. فإذا كان عدد ثقوب الحبة ضئيلا، فإنها توجد في المنطقة الوسطى من الحبة، أما إذا كان العدد كبيرا، فإن الثقوب توجد موزعة على سطح حبة

اللقاح. وأحيانا، يوجد ثقب مستدير في وسط الأخدود المتطاول كما في الدخان Nicotiana. وجيوب لقاح جنس *Zostera* من النباتات المائية، خيطية الشكل يخلو جدارها من مادة Sporopollenin وهذه الصفات تتوافق مع طريقة التلقيح بواسطة الماء. أما جيوب لقاح النباتات التي تتلقح بالهواء فتكون جافة وناعمة.

وتتميز النباتات هوائية التلقيح *Anomophilous* بأن جيوب اللقاح تنتج فيها بكميات ضخمة، وتنتشر الغالبية العظمى منها في البيئة المحيطة. فمثلا، متك واحد من نبات القنب *Cannabis* يحتوي على حوالي سبعون ألف حبة لقاح، وفرع واحد من هذا النبات ينتج أكثر من ٥٠٠ مليون حبة، بينما نبات مذكر من جنس الحماض *Rumex* ينتج ٤٠٠ مليون حبة. ولقد وجد أن حقل ذرة *Zea* ينتج منه حوالي ٧٠ مليون حبة لقاح في المتر المربع الواحد. كما أن أشجار الغابات تنتج كميات هائلة من جيوب اللقاح، فشجرة الزان *Fagus* مثلا، ينتج من فرع واحد منها حوالي ٢٨ مليون حبة، بينما فرع البلوط *Quercus* ينتج حوالي ١٠٠ مليون حبة.

التناسع

Gynoecium

المتاع يمثل المحيط الرابع للزهرة الكاملة. والكريلة *Carpel* هي الوحدة الأساسية للمتاع في مغطة البذور. يتراوح عدد الكرايل في المتاع بين كرتلة واحدة وعديد منها. وقد تكون الكرايل منفصلة عن بعضها فيسمى المتاع سائب الكرايل *Apocarpous* أو تكون ملتحمة بدرجات مختلفة فيسمى ملتحم الكرايل *Syncarpous*. ويبدو أن تطورا لتعقيد التركيب قد حدث من الترتيب الحلزوني للكرايل على محور الزهرة الى الترتيب السواري، ومن منفصل الكرايل الى ملتحمها، ومن عديد الكرايل الى كرتلة واحدة.

وتركب الكرتلة النموذجية من جزء قاعدي متفخ يسمى المبيض *Ovary* يعلوه جزء أسطوانى الشكل عادة يسمى القلم *Style* ينتهى طرفه بجزء متخصص يسمى الميسم *Stigma*. ويحتوى المبيض في مغطة البذور على بويضة واحدة أو عديد منها، وبذلك فإن البويضات تكون محاطة بجدار الكرتلة.

والكريلة في بعض أنواع العائلة الشقية الحشبية تكون بسيطة لا يتميز فيها بمبيض أو قلم أو ميسم، حيث تحمل البويضات داخل تركيب متطاول مجوف ينشأ من تقارب حافتي الورقة الكرتلية بدرجة كبيرة، وليس نتيجة لالتحام خلوى، ويتم غلق هذا التركيب بتداخل نموات حلمية من الحافتين، تاركة فتحة ضيقة جدا. وفي جنس *De-generia* تمثل الفتحة الضيقة بين الحافتين بشعور غارقة تتميز في هيئة خط بارز على

طول امتداد الحافة تمثل سطحاً يسمى Stigmatic crest.

هذا النوع من الكرابل ازداد في التعقيد التركيبي تدريجياً حتى تكوين الكرابل الحالية، وحدث التحام بين كربلتين أو أكثر في زهرة واحدة. وقد تلتحم حواف الكرابل جانبياً ليتكون عنها مبيض وحيد المسكن Unilocular ovary. فإذا التحمت جدر الكرابل في مركز المبيض كان عدد المساكن مساوياً لعدد الكرابل الملتحمة. وتوجد حالات يختلف فيها تركيب المبيض عما سبق. فمثلاً، في العائلة الصليبية Brassicaceae يتركب المتاع من كربلتين ملتحمتين، والمبيض ذو مسكنتين Bilocular نتيجة لتكوين حاجز Sep-tum ينشأ من تحت الزهرة عند قاعدة المبيض وعلى طول امتداده. والتحام الكرابل ليس دائماً على طول امتداد الكربة شاملاً المبايض والأقلام والمياسم، فقد تلتحم قواعد الكرابل فقط بينما تبقى الأقلام سائبة فيلذ المتاع كأنه سائب الكرابل كما في Butomus و Aquilegia. ونادراً تلتحم المياسم فقط كما في العائلة العشارية Asclepiadaceae. في عائلات أخرى مثل الباذنجانية Solanaceae تلتحم الأقلام والمياسم معاً، وفي زهرة البلاجونيوم Pelargonium تلتحم المبايض والأقلام معاً بينما تبقى المياسم سائبة، وقد يكون التحام الكرابل كاملاً كما في زهرة الموالح Citrus.

ويرتبط عدد الكرابل الملتحمة كثيراً بشكل الميسم حيث يدل عليه عدد فصوص الميسم كما في العائلة الصليبية Brassicaceae ومع هذا، أحياناً يكون ميسم الكربة السائبة بسيطاً أو مفصصاً، كما أن عدد فصوص الميسم يكون كثيراً أقل من عدد الكرابل. والمياسم الكروية أو الأسطوانية قد لا تعطي دليلاً على عدد الكرابل الملتحمة. وخلال مراحل التعقيد التركيبي في مغطة البذور، اختزل عدد الكرابل سواء في المتاع السائب أو الملتحم، من عدد كثير إلى عدد أقل تدريجياً حتى كربة واحدة. والكربة الأثرية تكون عقيمة، مصمتة كلياً أو جزئياً، تشاهد في هيئة بروزات على جوانب جدار المبيض، والكربة الأثرية أو العقيمة قد تمثل بحزمة وعائية في جدار المبيض، أو خطوط بارزة على هذا الجدار.

والاختزال في عدد الكرابل يكون واضحاً، فمثلاً، في جنس العايق Delphinium من العائلة الشبقية، حيث يوجد ٣-٥ كرابل في الأنواع المعمرة بينما توجد كربة واحدة في الأنواع الحولية. وفي العائلة الوردية Rosaceae يتميز جنس Prunus بوجود كربة واحدة بالإضافة إلى كربة أو كربلتين عقيمتين. ويكون عدد الأقلام معبراً كثيراً عن عدد الكرابل الملتحمة كما في العائلة القرنفلية، ومع هذا، فإن عدد الأقلام والمياسم ليس معبراً دائماً عن عدد الكرابل التي يتألف منها متاع الزهرة. والتركيب الداخلي للمبيض هو الذي يدل على عدد الكرابل الملتحمة.

Ovary

المبيض

المبيض هو جزء الكريلة الذي يحتوى على البويضات. وجود البويضات محاطة بجدار المبيض يمثل إحدى الصفات التي تتميز بها مغطة البذور عن غيرها من النباتات البذرية الأخرى.

وسطح المبيض من الخارج قد يكون ناعماً أو تنمو عليه زوائد متنوعة في الشكل والتركيب، وقد توجد عليه ضلوع أو بروزات تحدد عدد الكرابل التي يتكون منها المتاع ملتحم الكرابل.

وإذا احتوى المبيض على مسكن واحد يسمى وحيد المسكن Unilocular ويسمى ثنائي المسكن Bilocular إذا احتوى على مسكنين، وثلاثي المسكن Trilocular إذا احتوى على ثلاث مساكن، وعديد المساكن Multilocular إذا تعددت المساكن.

المبيض وحيد المسكن قد ينشأ عن كريلة واحدة كما في العائلة الفراشية Fabaceae وعديد من أنواع العائلة الشقية Ranunculaceae أو ينشأ عن التحام كربلتين أو أكثر إذا كان الالتحام عند حافاتها دون أن يتكون حواجز عبر تجويف المبيض، كما في العائلة النيفسجية Violaceae. المبيض في هذه العائلة يتركب من اتحاد ثلاث كرابل، وتنتهي بقلم طرفي ومقسم متنوع في شكله. وتتصل البويضات عند الحواف الملتحمة. وإذا كان التحام حواف الكرابل في وسط المبيض كان عدد المساكن مساوياً لعدد الكرابل. فمثلاً، في العائلة الخيمية Apiaceae يتركب المبيض من كربلتين ملتحمتين وبه مسكنين، وينتهي بقلمين، وفي العائلة الكتانية Linaceae يتركب المبيض من التحام خمس كرابل ويحتوى على خمسة مساكن، غير أن كل منها ينقسم جزئياً بفواصل جدارى غير كامل لا يمتد حتى المركز.

وإذا كانت الكرابل غير ملتحمة أى سائبة عرف المتاع بأنه سائب الكرابل Apocarpous أما إذا التحمت معاً كلياً أو جزئياً كان المتاع ملتحم الكرابل Syncarpous. وقد يتركب المتاع السائب من كريلة واحدة كما في العائلة البقولية وجنسى Euphorbia و Najas أو أكثر من كريلة كما في الورد Rosa والفراولة Fragaria. والمتاع ملتحم الكرابل، قد تلتحم فيه المبيض فقط، أو البياض والأقلام. وعادة يتفق عدد المساكن في المبيض ملتحم الكرابل مع عدد الكرابل الداخلة في تركيبه، ومع هذا، قد تكون الكرابل في هذه الحالة ملتحمة على امتداد حافاتها مما ينتج عنها مبيض وحيد المسكن الأمر الذي لا يتفق مع عدد الكرابل.

وفي المتاع السائب، يكون لكل كريلة قلم واحد، بينما في المتاع الملتحم قد تتحد

الأقلام معا في طرز مختلفة. فمثلا، في عائلة نبات الشاي Theaceae وعائلة Hypericaceae تلتحم المبيض عند قواعدها بينما تبقى الأقلام سائبة، وفي العائلة الباذنجانية Solanaceae تكون الأقلام والمياسم ملتحة كلياً بالإضافة إلى المبيض. ومن ناحية أخرى، قد يكون عدد المساكين في المبيض ملتحم الكرابل ليس ممثلاً لعدد الكرابل نظراً لوجود حواجز كاذبة لم تتكون من اتحاد جدارى كربلتين متجاورتين، وإنما تكونت من نمو جزء من المبيض أو محور الزهرة كما في العائلة الصليبية Brassicaceae. وكثيراً ما تمثل الأقلام السائبة والمياسم جزءاً متميزاً من المتاع ملتحم الكرابل. والالتحام بين المبيض فقط يكون شائعاً، أما التحام المياسم فقط فهو نادر الحدوث كما في العائلات Rutaceae و Asclepiadaceae.

والأقلام والمياسم السائبة يتكون عنها جزء متميز في المتاع ملتحم الكرابل. وكثيراً يكون شكل الميسم في الكرابل الملتحمة يدل على عدد المياسم الملتحمة، كما يمكن الاستدلال كثيراً على عدد الكرابل الملتحمة من عدد فصوص الميسم المركب. ومع هذا، يكون الميسم أحياناً مفصصاً أو بسيطاً في الكربة السائبة، وفي المتاع مختزل الكرابل فإن عدد المياسم يكون عادة أقل من عدد الكرابل الموجودة في الزهرة. بالإضافة إلى ما تقدم، ففي كثير من النباتات، فإن عدد المياسم أو عدد فصوصها لا يكون مرتبطاً بعدد الكرابل. وتعتبر الأدلة المستمدة عن النشأة، والتركيب الوعائي، والتركيب التشريحي للمبيض تعتبر أساسية في تحديد عدد الكرابل.

التركيب التشريحي للمبيض

يتربك المبيض في مرحلة التزهير من بشرة خارجية بها ثغور وتكسوها أدمة من الكيوتين، وأخرى داخلية: ويوجد بين البشريتين نسيج أساسي من خلايا بارنكيمي. عادة يحتوى هذا النسيج على ثلاث حزم وعائية، أحدها وسطية أو ظهرية Dorsal واثنتان حافيتان Marginal أو بطنيّتان Ventral. وأحياناً، توجد خمس حزم وعائية في المبيض، وفي هذه الحالة توجد حزم وعائية على كل من جانبي الحزمة الظهرية وتسميان بالحزم الجانبية Lateral bundles.

وقد توجد بلورات في خلايا النسيج الأساسي عند تحول المبيض إلى ثمرة، تحدث في جداره تغيرات نسيجية متنوعة.

القلم والميسم

سبق الإشارة إلى أن الكربة في المتاع منفصل الكرابل يكون لها قلم واحد بينما في المتاع ملتحم الكرابل، فإن أقلام الكرابل تأخذ صوراً مختلفة. وفي الأزهار عالية

التخصص، تلتحم الكرايل التحاماً كاملاً، شاملاً المبيض والأقلام والمياسم ليتكون مبيض واحد، وقلم وميسم.

والميسم Stigma والقلم Style يتميزان بصفات تركيبية وفسيولوجية تهيء وسطاً صالحاً لانبات حبة اللقاح ونمو أنبوبة اللقاح حتى تصل البويضة في المبيض. والميسم يمثل الجزء الطرفي من الكريلة محور في شكله وتركيبه لاستقبال وانبات حبوب اللقاح. وإذا لم يكن التحام الكرايل كاملاً، فإن الميسم والقلم يكونان منفصلان. ولا يعبر عدد الأقلام والمياسم دائماً عن عدد الكرايل المتتحدة.

والبشرة Epidermis في الميسم تكون غدية Glandular خلاياها ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة، تكسوها طبقة أدمة رقيقة. وعادة تكون خلايا البشرة في هيئة حلقات Papillae تفرز سائلاً ميسمياً يكون غنياً بالسكريات والأحماض الأمينية. وأحياناً يوجد تحت البشرة نسيج غدى من بضع طبقات، يقوم مقام البشرة الغدية، كما في الفاصوليا Phaseolus والبرسيم Lupinus والخشخاش Papaver. وقد تنشأ عن خلايا البشرة شعور قصيرة أو طويلة، غير متفرعة، أو متفرعة عديدة الخلايا. والمياسم الريشية Plumose stigmas في أزهار غالبية النباتات النجيلية ذات أفرع عديدة، رقيقة تتركب من خلايا حلمية تحيط بعنصر وعاء أولى. وميسم الزهرة يماثل غدة رحيقية في التركيب والوظيفة.

وحبوب اللقاح التي تسقط على الميسم، تتراكم بين الخلايا البارزة أو على سطوحها حيث تلتصق بجدرها الخشن أو بالمواد اللزجة التي تفرزها خلايا البشرة أو الشعور.

ومن الصفات البارزة في الكريلة أن الميسم يكون متصلاً بالجزء الداخلي من المبيض بنسيج يماثل في تركيبه النسيج الغدى للميسم، ويمثل وسطاً ييسر مرور أنبوبة اللقاح في القلم ويمدها بالغذاء. هذا النسيج يسمى النسيج الموصل Transmitting tissue.

والقلم Style هو جزء الكريلة الذي يصل الميسم بالمبيض، وهو عادة أسطواني الشكل، يختلف طوله من زهرة إلى أخرى تبعاً للنوع، وقد يحتزل القلم ويصبح الميسم جالسا، كما في جنس الخشخاش Papaver. ففي زهرة نبات الخشخاش، يتركب المبيض من ١٦-٤ كريلة، يعلوه قرص مخروطي يتألف من التحام عدة مياسم شعاعية. وأحياناً يتغلطح القلم ويصبح بتلياً. وقد تلتحم الأقلام فتبقى المياسم سائبة، وقد يتفرع القلم إلى فرعين أو فصين كما في العائلة السوسبية Euphorbiaceae. والمياسم قد تكون عريضة أو مجزأة إلى أجزاء خيطية، وفي العائلة Asclepiadaceae تتحد الأسدية مع القلم فيتكون تركيب يسمى Gynostegium.

وقد تكون الأقلام مصمتة أو مجوفة تتميز بوجود قناة تمتد بطولها. والمتاع ملتحم

الكرابل قد يوجد به قناة واحدة للقلم كما في جنس *Viola* أو يوجد قناة لكل قلم. النسيج الموصل الذي يبطن القناة يماثل النسيج الغدي في الميسم، وقد تكون خلاياه حلمية. هذا النسيج، يبطن قناة القلم كليا أو يوجد في هيئة أشرطة تمتد طوليا في مناطق معينة منها. وفي الأقسام المصمتة، والتي توجد في معظم مغطاة البذور، يوجد النسيج الموصل في هيئة أشرطة تمتد طوليا في النسيج الأساسي للقلم أو مصاحبا للحزم الوعائية يتركب من خلايا متطاولة غنية بالمحتويات البروتوبلازمية. ويوجد النسيج الموصل على المشيمة *Placenta* وقد يمتد فوق الحبل السرى. ويتميز النسيج الموصل الذي يبطن قناة القلم بأن خلاياه الداخلية حول القناة تكوسها طبقة من الكيوتين. وأحيانا، يوجد على الجانب الداخل الملاصق للقناة، طبقة سميكة من بروزات جدارية. وفي كثير من النباتات مثل القرع *Cucurbita* والداتورا *Datura* يكون النسيج الموصل عديد الطبقات. وفي الأقسام المحوفة، تنمو أنابيب حبوب اللقاح بين حلقات النسيج الموصل، وإذا لم تكن موجودة، تنمو على الجذر الخارجية لخلايا البشرة. وأحيانا، قد تتعمق أنابيب اللقاح في النسيج الموصل وتنمو بين الخلايا. وفي الأقسام المصمتة تنمو أنابيب اللقاح فيما بين خلايا النسيج الموصل.

ويوجد على الميسم في النجيليات، شعور عديدة الخلايا طويلة، تتركب الواحدة من بضعة صفوف طويلة. وتمر أنبوبة اللقاح بين الصفوف الداخلية لهذه الشعور ومنها الى نسيج الموصل في القلم.

وفي كثير من النباتات، تتلاشى طبقة الأدمة التي تكسو جدر خلايا النسيج الموصل قبل التلقيح. وقبل أن تحترق أنابيب اللقاح النسيج الموصل، تنتفخ جدر خلاياه وتصبح طرية مغطاة، فيضعف الاتصال فيما بينها، وتغر من خلالها أنابيب اللقاح والتي تقوم أيضا بهضم هذه الجدر. وأوضح الأدلة أن أنابيب اللقاح تحتوى على إنزيمات تقوم بتحليل المواد البكتينية في الجدر الخلوية. وتستفيد كثيرا أنابيب اللقاح من بروتوبلازم خلايا النسيج الموصل، ومع هذا، قد يقلص البروتوبلازم ويموت.

بالإضافة الى النسيج الموصل والحزم والوعائية في القلم فإن النسيج الأساسي يتركب من خلايا بارنكيمة رقيقة الجدر، تكسوها بشرة خارجية مكونة أحيانا تحتوى على ثغور. والنسيج الوعائى في الموصل عبارة عن امتدادات من الحزم الوعائية في المبيض.

وتتصل أنبوبة اللقاح الى الكيس الجنينى في البويضة عادة عن طريق الثغور، وقد تدخل عن طريق الكلازا بعد أن تعبر المشيمة والحبل السرى. وقد تدخل الأنبوبة أيضا من أحد جوانب البويضة بعيدا عن الثغور أو الكلازا.

وفي عائلة شجرة التامول *Betulaceae* يكون الميسم الطويلان فقط قد تكشفنا عند

التلقيح ولهذا، تبقى أنبوبة اللقاح ساكنة في القلم لعدة أشهر حتى يتم تكوين المبيض والبويضات، وعندئذ تستأنف نموها وتدخل تجويف المبيض ومنه الى المشيمة ثم الحبل السرى والراقى حيث تدخل الى النيوسيلة عن طريق الكللازا.

وفي العائلة الكازوارينية Casuarinaceae تنضج المياسم أيضا قبل أن يبدأ المبيض والبويضات في التكشف. والكيس الجنيني يمتد في هيئة ذيل Caecum تجاه الكللازا وقد يخرقها. ثم تدخل أنبوبة اللقاح الى البويضة عن طريق الكللازا عابرة هذا الذيل، وقد تنفرج الأنبوبة قبل دخولها الى الكللازا.

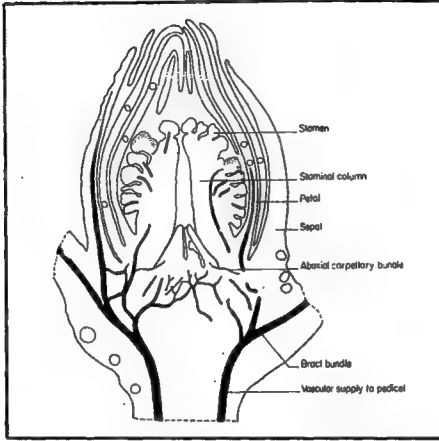
الجهاز الوعائى في الزهرة

إن دراسة التركيب الوعائى للزهرة يسهم في إيضاح العلاقات بين النباتات، بالإضافة الى إظهار الطبيعة المورفولوجية لأجزاء الزهرة. والتركيب التشريحي لعنق الزهرة يكون مشابها لنظيره في الساق، والأسطوانة الوعائية قد تكون كاملة أو مجزأة.

الجهاز الوعائى في تحت الزهرة

الأسطوانة الوعائية في التخت، تعتبر المركز الخاص بالتركيب الوعائى لأجزاء الزهرة، حيث تمر منها الحزم الوعائية الى هذه الأجزاء (شكل ١٢٢). فالحزم الوعائية والفجوات الناتجة عنها تجزئ الأسطوانة الوعائية الى تركيب شبكى من هذه الحزم. والحزم الوعائية التي تترك التخت الى أعضاء الزهرة تكون مرتبة سواليا أو حلزونيا تبعا لترتيب هذه الأعضاء على التخت. وعدد الحزم الوعائية التي تدخل أعضاء الزهرة المختلفة تتنوع في نفس الزهرة. كما أن عدد الحزم الوعائية التي تدخل السبلة في الكأس يكون فيها حزمة وعائية واحدة، وفي بعض العائلات قد توجد ثلاث حزم أو أكثر. ويتكون جهاز معقد من الحزم الوعائية داخل كل من السبلة والبتلة.

والسداة، بصفة عامة، يدخلها حزمة وعائية واحدة، وتستمر كحزمة وعائية داخل خيط السداة والموصل، غير أنه في بعض نباتات الرتبة الشيقية Ranales وعدد قليل من العائلات الأخرى مثل الموزية Musaceae وعائلة نبات الغار Lauraceae تعبر ثلاث حزم وعائية الى كل سداة. والكريلة، قد يعبر لها حزمة وعائية واحدة، أو ثلاث أو خمس، وأحيانا أكثر. وطراز الحزم الثلاث هو الشائع وأحيانا الخمس حزم وتترك الحزمة الوسطى الأسطوانة الوعائية للتخت في مستوى أدنى من الأخرى، وتسمى الحزمة الظهيرية Dor-sal وهي تناظر حزمة العرق الوسطى للورقة، الحزمتان الباقيتان تسميان الحزم الحافية Marginal bundles. وقد تنفرج هذه الحزم في الكريلة. وتزود البويضات بقروح من



(شكل ١٢٢): قطاع طولى في برعم زهرى لنبات القطن مبينا الاتصال الوعائى للأعضاء الزهرية المختلفة.

النسيج الوعائى للكريلة، وعادة من الحزم الحافية أو من فروع لها، والتي توجد في المشيمة. وحزمة البويضة رقيقة وتصل الى منطقة الكلازا، غير أنها لاتدخل النيويميلة. في بعض الأجناس تصل أفرع منها الى غلاف أو غلافى البويضة.

وإذا التحمت الكرابيل يتكون عنها متاع ملتحم الكرابيل، وتصبح الحزم الحافية جانبية بالنسبة للحزمة الظهرية. اذا كانت جافات الكرابيل الملتحمة مطوية بحيث تتقابل وسط المبيض، فان هذه الحزم تصبح مقلوبة، لحاؤها يتجه ناحية للسكن Locule في المبيض بينما يكون الخشب تجاه الخارج. أما اذا وجد أكثر من ثلاث حزم في الكريلة، فإن الحزم الزائدة توجد بين الحزم الظهرية والحافية وتسمى الحزم الجانبية Lateral bundles.

وتركيب الأسطوانة الوعائية في التخت، والجهاز الوعائى في أعضاء الزهرة يكون معقدا، ويزداد تعقيدا في الأعضاء ذات الأجزاء الملتحمة، أو التجماع أجزاء المحيطات المتجاورة.

PLACENTATION

الوضع المشيمي

تنشأ البويضة من المشيمة Placenta بداخل المبيض وتنشأ بداية البويضة عن طريق الانقسام المماس Periclinical division للخلايا التي توجد تحت الطبقة السطحية للمشيمة، وتظهر في أول الأمر كبروز مخروطي الشكل قمته مستديرة. ويامتد عمليات الانقسام والنمو لتكشف أجزاء البويضة.

والمشيمة Placenta هي جزء داخلي في جدار المبيض تتصل به البويضة. وتعرف طرز توزيع المشائم في المبيض بالوضع المشيمي Placentation (شكل ١٢٣). والطرز الشائعة لـ مع المشيمي هي:

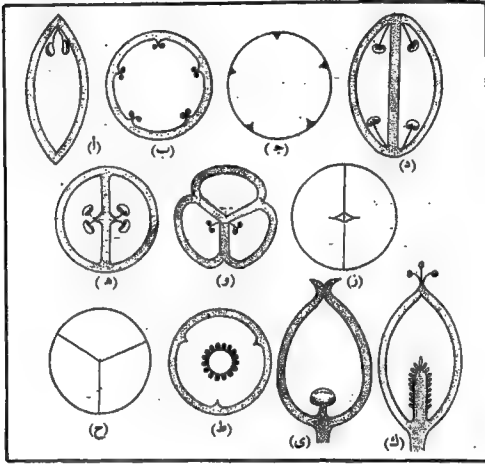
١ - Marginal : والمتاع يكون بسيطاً Simple يتكون من كربة واحدة وتوجد البويضات على البروز البطنى Ventral structure الناتج عن التحام حافتي الكربة.

وينظر الى هذا النوع من الكرايل بأنه بدائي التركيب Primitive كما في العائلة الشقية.

٢ - جدارى Parietal : والمبيض، في هذا الطراز، يكون مركباً غير أنه يحتوي على مسكن واحد، نظراً لالتحام الكرايل عند حوافها المتجاورة. وتوجد البويضات مرتبة في صفوف على المشائم التي توجد على جدار المبيض إما على حواف الكرايل المتحمة أو على بروزات، أو حواجز ناقصة ونامية من جدار المبيض وممتدة في تجويفه دون أن تلتقي في المركز، وهذا الطراز يعتبر أيضاً بدائياً في التركيب.

٣ - محورى Axile : ويوجد في المتاع ملتحم الكرايل. حيث تنطوي حافتي كل كربة بمفردها وتتجمع كلها وتمتد نحو مركز المبيض فينشأ محور وسطى من التحام هذه الحواف. وتبعاً لذلك يصبح المبيض مقسماً الى عدد من المساكن يكون مساوياً لعدد الكرايل. وتوجد المشائم على امتداد المحور المركزى للمبيض في الأركان الناشئة عن التحام حافات الكرايل. وهذا الطراز بدائى التركيب وربما اشتق منه المركزى السائب والقسمى والقاعدى. وفي العائلة القرنفلية Caryophyllaceae يوجد في أجناسها طرازان للوضع المشيمي، أحدهما المحورى والبعض الآخر مركزى سائب، وأحياناً توجد هذه الظاهرة في نفس الجنس كما في Lychnis.

٤ - مركزى سائب Free Central : ويوجد هذا الطراز في المبيض المركب، وهو مشتق من الوضع المشيمي المحورى ببقاء المحور المركزى واختفاء الحواجز Septa. في بعض الأجناس مثل Primula يتركب المحور الذي تحمل عليه البويضات من نسيج



(شكل ١٢٣): الأوضاع المشيمة.

- أ - ق. ع. في متاع بسيط.
 ب، ج - وضع مشيمي جداري ذو خمس كرابل.
 د - وضع مشيمي جداري ذو كرابلتين.
 هـ، ز - وضع مشيمي محوري ذو كرابلتين.
 و، ح - وضع مشيمي محوري ذو ثلاث كرابل.
 ط، ك - وضع مشيمي مركزي سائب.
 ي - وضع مشيمي قاعدي.

كرابل يمتد في وسطه نسيج من الأسطوانة الوعائية لعنق الزهرة. المبيض في هذا الطراز يحتوي على مسكن واحد. هذا العمود يكون قصيرا سميكاً لا يتصل بالجزء العلوي من المبيض أو جوائبه، وإنما يظل سائبا.

٥ - القمي Apical: ويتركب المبيض من كربة واحدة أو أكثر. هذا المبيض قد يكون أحادي المسكن أو يحتوي على أكثر من مسكن. توجد المشيمة عند قمة المسكن يتصل بها بويضة واحدة، كما في العائلة الخيمية Apiaceae. وتكون البويضات كثيرا معلقة على جبل سري طويل.

٦ - القاعدى Basal : ويتركب المبيض من كربة واحدة، أو أكثر فيصبح بذلك مركبا، أحادى السكن. وتوجد المشيمة عند قاعدة المبيض يرتبط بها بويضة واحدة أو بضعة بويضات. هذا النوع مختزل من المحورى عن طريق اختزال حجم المشيمة، والبويضات في العدد الى بضعة بويضات أو واحدة. في كثير من العائلات يتنوع الوضع المشيمى في المبيض، فمثلا، في العائلة Droseraceae يكون الوضع المشيمى في جنس Drosera جداريا Parietal بينما يكون في جنس Dionaea قاعديا.

٧ - سطحي Superficial حيث يحمل الكثير من البويضات على سطح الكربة الداخلى كما في العائلة البشينية Nymphaeaceae وعائلة Butomaceae.

وضع المحيطات الزهرية على التخت

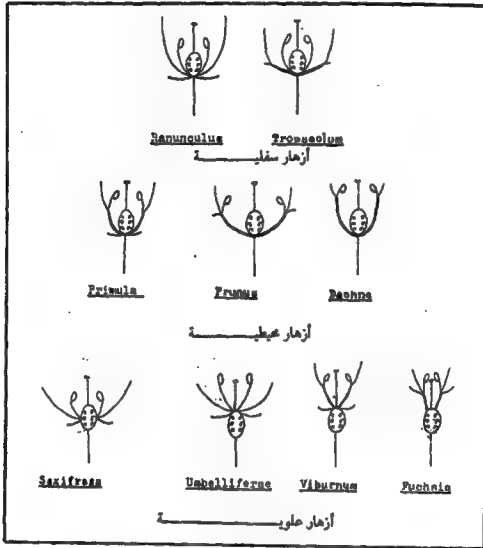
تتباين المحيطات الزهرية من حيث وضعها على التخت (شكل ١٢٤). وتصنف الأزهار تبعا للمستوى الذي توجد عليه المحيطات الزهرية على التخت بالنسبة للمبيض الى الطرز التالية:

١ - زهرة سفلية Hypogenous : في هذه الأزهار يكون تحت الزهرة محدا أو مخروطيا حيث يحمل المبيض أو المبايض عند قمته. المحيطات الأخرى، وهى السبلات والبتللات والأسدية تخرج في مستويات أدنى من مستوى المبيض أو المبايض، ولهذا تسمى الزهرة سفلية حيث تنشأ المحيطات الأخرى عند مستوى أدنى من المبيض. والمبيض أو الكرابل تعتبر حينئذ علوية Superior كما في العائلة الباذنجانية Solanaceae.

٢ - زهرة علوية Epigenous وهي زهرة أكثر رقيا تركيبها من السفلية. حيث ينشأ عن التحام قواعد السبلات والبتللات والأسدية تركيب فنجانى الشكل يسمى An-droperiant tube وأحيانا يسمى Hypanthium أى تحت الزهرة يكون عنه غطاء يحيط جزئيا بالمبيض من جزئه السفلى ويلتحم بجداره. والأجزاء الساتبة من الكأس والتويج والأسدية تخرج عند قمة الغطاء حوالى منتصف المبيض. والمبيض في هذه الحالة يعتبر نصف سفلى Half-inferior والمحيطات الزهرية الأخرى علوية.

٣ - زهرة محيطية Perigenous : في هذا النوع من الأزهار يحيط الغطاء كليا بالمبيض ويلتحم به، وتخرج الأجزاء الساتبة من الكأس والتويج والأسدية عند قمة المبيض. الزهرة في هذه الحالة تعتبر محيطية أما المبيض فيكون سفليا Inferior. وتعتبر العائلة القرعية مثلا لهذه الزهرة.

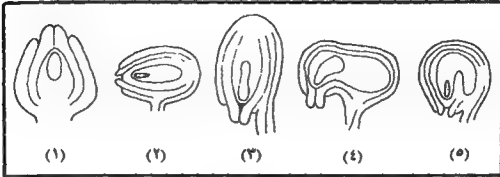
وفي طراز آخر من الزهرة المحيطية، تلتحم قواعد الكأس والتويج والطلع لتكوين التركيب الأنبوبى السابق، غير أنه لايلتحم إطلاقا بالمبيض. يسمى هذا التركيب



الأنبوبي في هذه الحالة باسم الياقة Collar. أما الأجزاء الساتبة من الكأس والتويج والطلع فتخرج من قمة التركيب الأنبوبي بعيداً عن المبيض فتصبح مجعطة به دون التحام، كما في أزهار العائلة الوردية Rosaceae.

أشكال البويضات

تنوع بويضات مغطة البذور في شكلها وكيفية اتصالها بالجبل السرى وموضع النقيير. وتوجد عدة طرز من أشكال البويضات منها طرز شائعة (شكل ١٢٥)، كما توجد طرز أخرى انتقالية ومن هذه الطرز ما يلي:



(شكل ١٢٥): أشكال البويضات.

- | | |
|--------------|----------------|
| ١ - مستقيمة. | ٢ - نصف منمكة. |
| ٣ - منمكة. | ٤ - كلوية. |
| ٥ - أفقية. | |

١ - بويضة مستقيمة Orthotropous وهي بويضة مستقيمة، قائمة على سطح المشيمة. النقر في جزئها الطرفي، والحبل السري قصير أو غائب. هذا الطراز يوجد خصيصا في العائلات ذات الوضع المشيمي القاعدي مثل الفلفلية Piperaceae و Jug-Polygonaceae و landaceae.

٢ - بويضة منمكة Anatropous وهي بويضة منقلبة عند الكلازا، وملتحم غلاف البويضة الخارجى مع الحبل السري على إمتداد هذا الغلاف حتى السرة، مكونا بروزا طوليا يسمى الرافي Raphe والنقر يكون مواجهها للمشيمشة ومجاورا لقاعدة الحبل السري. هذا النوع شائع في ذوات الفلقتين مثل العائلة الكتانية Linaceae والصليبية Brassicaceae والفراشية Fabaceae كما توجد شائعة في عدد من العائلات البدائية مثل الشقية Ranunculaceae والبشينية Nymphaeaceae.

٣ - بويضة كلوية Campylotropous : وجسم البويضة يكون مقوسا مثل بذرة الفاصوليا Phaseolus مرتكزا على الحبل السري (حوالى المنتصف) ويكون واقعا بين الكلازا والنقر.

والنقر يواجه المشيمة. ويوجد هذا الطراز في عدد من العائلات مثل القرنفلية Caryophyllaceae وعائلة نبات الفريينا Verbenaceae.

٤ - بويضة أفقية Amphitropous : ويعتبر هذا الطراز وسطا بين البويضة المستقيمة والمنمكة. جسم البويضة يكون مستقيما في وضع عمودى على الحبل السري الذي يلتحم مع غلاف البويضة حتى حوالى منتصف جسمها مكونا الرافي. النقر يتجه

جانبيا في مواجهة الكلازا. وهذا النوع نادر، ويوجد في بعض أنواع العائلة الصليبية Brassicaceae.

وفي بعض الأحيان، يكون الحبل السرى طويلا للدرجة يلتف معها حول جسم البويضة التي تكون عادة مستقيمة، ثم يلتقى بالمشيمة قريبا من الكلازا. هذا الطراز من البويضات يسمى Ciricinotropous. حيث يلتصق الحبل السرى بجزء قاعدى من جسم البويضة.

والبويضات المنعكسة هي الطراز الأكثر شيوعا في مغطاة البذور لاسيما العائلات البدائية التركيب في ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة. وقد تتميز العائلة بطراز واحد من البويضات وقد يوجد أكثر من طراز في نفس العائلة. فالعائلة النخيلية Areaceae توجد بها البويضات المستقيمة والمنعكسة. وأحيانا، قد يوجد أكثر من طراز حتى في نفس الكريلة، وقد يتغير شكلها بعد عملية الاخصاب. والبويضة المنعكسة يبدو أنها الطراز البدائي التركيب.

والبويضات قد لا تكون قد تكشفت بعد عملية التلقيح كما في البلوط Quercus والجوز Juglans حيث يحدث التلقيح قبل سنة من نضج البويضة. وفي بعض أنواع الأوركيد Orchids لا تكون البويضة قد تم نضجها لفترة أسابيع أو شهور بعد التلقيح. وقد يحتوى مبيض الكريلة على بويضة واحدة كما في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae والمركة Asteraceae أو بضع بويضات كما في العائلة الفراشية Fabaceae والكتانية Linaceae أو بويضات كثيرة مثل العائلة الصفصافية Salicaceae. ويبلغ عدد البويضات في جنس Cymbidium حوالى ٢ مليون بويضة.

FLORAL NECTARIES

الغدد الرحيقية الزهرية

الرحيق Nectar محلول سكرى تفرزه غدد رحيقية توجد غالبا في النباتات التي تتلفح أزهارها بالحشرات. السكروز والجلوكوز والفركتوز تمثل سكريات شائعة في الرحيق بالإضافة الى مواد أخرى غطائية وبروتينات وأحماض عضوية قد توجد أحيانا. يتنوع مقدار الرحيق الذي تفرزه الزهرة خلال ٢٤ ساعة، يتراوح بين ١٣-٢٦ مليجرام رحيق طازج. ويتفاوت مقدار الرحيق في الزهرة من فصل الى آخر وحتى من ساعة الى أخرى. وقد تستمر الزهرة في افراز الرحيق كلما امتص منها، ويتوقف ذلك على نشاط الغدد الرحيقية وحجم الزهرة وطبيعة النبات.

والخلايا التي تتربك منها الغدة الرحيقية الزهرية يتألف منها النسج الغدى، والذي يحتوى عادة على فروع من أنسجة وعائية بها نسبة مرتفعة من عناصر اللحاء. هذه

الظاهرة، توضح انتقال الرحيق عن طريق الحزم الوعائية. ولقد أوضح عدد من الباحثين أن تركيز السكر يرتبط بنوع النسيج الوعائي الذي يصل إلى نسيج الغدة. فإذا كانت نهايات الحزم الوعائية التي تغذي نسيج الغدة من اللحاء كانت نسبة السكر مرتفعة، وإن كان يرافقها خشب انخفضت نسبة السكر في الرحيق.

وخلايا النسيج الغدي صغيرة الحجم ذات جدر رقيقة وأنوية كبيرة، وستتولأزم كثيف محبب، وفجوات عصارية دقيقة. وعند مرحلة إفراز الرحيق، يصبح سيتوبلازم الخلايا أكثر كثافة غنيا بالعصيات الصغيرة لاسيما الميتوكوندريا والريوسومات بالإضافة إلى زيادة مقدار الشبكة الاندوبلازمية. ويحتمل أن يكون الرحيق قد قامت بافرازه حويصلات من الشبكة الاندوبلازمية.

ولقد استفاد كثير من الباحثين من شكل وموقع الغدد الرحيقية الزهرية كأحد الصفات التي يمكن أن تستخدم في تحديد علاقات القرابة بين الأجناس والعائلات. ويمكن تصنيف الغدد الزهرية تبعاً لموقعها في الزهرة إلى ما يأتي:

١ - غدد تتكون على الغلاف الزهري Perigonal nectaries كما في جنس الكركدية Hibiscus والبلارجونيوم Pelargonium والخطمية Althaea.

٢ - غدد تتكون على تحت الزهرة Toral Nectaries ومنها:

أ - حافية Marginal بين قواعد السبلات والبتلات كما في Reseda.

ب - حلقية Annular تتكون على سطح التخت:

١ - بين السبلات والمبيض - Gravelle.

٢ - بين قواعد الأسدية - Polygonum أو على جانبيها كما في Dicentra.

٣ - تركيب حلقي من بروتات صغيرة بين الأسدية وحول المبيض مثل Cistus.

٤ - تركيب حلقي عميق نوعاً بين الأسدية وقاعدة المبيض كما في البرقوق Prunus وميزالينا Caesalpinia و Robinia أو بين الأسدية وأقلام الكرابل في حالة المبيض السفلي كما في الكافور Eucalyptus والعائلة القرعية Cucurbitaceae.

٥ - حلقة متميزة حول قاعدة المبيض كما في جنس الموالح Citrus ومعظم العائلة الشفوية Lamiaceae.

ج - غدد أنبوبية تبطن تحت أنبوي الشكل - Bauhinia

٣ - غدد سدائية Staminial Nectaries ومنها:

- أ - توجد على خيوط الأسدية - *Dianthus* أو على الأنبوبة السدائية وكثير من نباتات العائلة الفراشية *Fabaceae*.
- ب - عند قاعدة المبيض - *Gentiana*
- ٤ - غدد رحيقية تتكون على جدار المبيض *Ovarial Nectaries* ومنها الذي يتكون:
- أ - على السطوح السائبة للكرابل - *Sarraenia*. أو
- ب - عند قاعدة المبيض - *Gentiana*. أو
- ج - على حواجز المبايض الملتحمة في ذوات الفلقة الواحدة كما في العائلة الزنبقية *Liliaceae* والموزية *Musaceae*.
- ٥ - غدد خاصة بالقلم في الزهرة *Stylar Nectaries*
- وتوجد عند قاعدة القلم مثل العائلة الخيمية *Apiaceae* وفي معظم الأنواع حشرية التنقيح في العائلة المركبة *Asteraceae* مثل تباع الشمس *Helianthus* والأقحوان *Calendula*.

وتحدث عملية تحرير السكريات من بروتوبلاست خلايا الغدة الرحيقية إما في جميع خلايا الغدة أو بعضها فقط وتسمى الخلايا التي تفرز الرحيق الخلايا الإفرازية *Secretory cells* ويحدث إخراج الرحيق من الغدة بطرق مختلفة تتوقف على نوع خلايا النسيج الذي تكشف عنه خلايا النسيج الغدّي. فإذا كانت الخلايا بارنكيمية، يفرز الرحيق في المسافات البينية، ومنها يسيل إلى الخارج عن طريق ثغور متحورة. أما إذا كان الإفراز قد حدث في خلايا البشرة التي تحلّو من الكيتين، فإن الرحيق ينتشر من الخلايا مباشرة إلى خارجها. وإذا كانت خلايا البشرة تكسوها أدمة، فإن الإفراز ينتشر نتيجة لتمزق الأدمة أو من خلال ثغوب دقيقة توجد فيها.

وتوجد الغدد الرحيقية الزهرية على جميع الأجزاء الزهرية، كما وجدت كثيرا على التخت. ولا توجد غدد رحيقية تركيبية في أزهار كثير من العائلة الشقية الشجرية أو في العائلة *Winteraceae*. وفي العائلة الماجنولية *Magnoliaceae* ينتشر الرحيق من خلال الأدمة في بتلات الزهرة، ومنها يفرز من ثغور كبيرة توجد عند قواعد البتلات.

والغدد الرحيقية في العائلة الصفصافية *Salicaceae* عبارة عن أجزاء مختزلة من الغلاف الزهرى. وهناك عدد من العائلات البدائية التركيب، مثل الماجنولية *Magnoliaceae* والبشنية *Nymphaeaceae* تحلّو من الغدد الرحيقية، ويتم التنقيح في أزهارها بواسطة الحنافس. وتعتبر الغدد الرحيقية من صفات مغطاة البذور فيها عدا تلك التي تلقيحها بواسطة الحنافس.

تركيب الغدة الرحيقية الزهرية في الموالح

الغدة الرحيقية في جنس الموالح توجد في هيئة حلقة حول قاعدة المبيض. وتوجد ثغور ذات فتحات واسعة على الأجزاء المرتفعة من الغدة. والغرف الهوائية الثغرية تكون عميقة، وخلايا تحت الزهرة صغيرة ومحكمة التلاصق. تتركب البشرة من خلايا مكعبة الشكل، سميكة الجدر تكسوها طبقة رقيقة من الكيوتين. جميع الخلايا التي تتركب منها الغدة الرحيقية هي خلايا إفرازية بما فيها خلايا البشرة والخلايا البارنكيمة. الرحيق يفرز الى المسافات البينية ومنها الى الخارج عن طريق الثغور.

سقوط أجزاء الزهرة

تسقط البتلات والأسدية وأحيانا أخرى غيرها نتيجة لتكوين طبقة انفصال تتميز بخلاياها، عما يجاورها، بشكلها المستدير أو المكعب. ونسيج طبقة الانفصال في الأزهار يكون أقل تكشفا من خلايا طبقة الانفصال في الأوراق، ويظهر في فترة قصيرة قبل سقوط الأوراق الزهرية.

وفي النباتات ذات الأزهار وحيدة الجنس، تسقط الأزهار المذكورة جميعها بعد أن تتحرر حبوب اللقاح من الأسدية. وأحيانا، تسقط النورة المذكورة كما في التوت Morus والكازوارينا Casuarina. كما تسقط الأزهار المؤنثة والخنثى التي لا تخصب.

الفصل التاسع عشر

دليل إيضاح معاني المصطلحات العلمية

الفصل التاسع عشر

دليل إيضاح

معاني المصطلحات العلمية

GLOSSARY

يضم هذا الدليل شرح موجز لعدد من المصطلحات العلمية الأساسية التي جاءت في هذا الكتاب، مرتبة أبجدياً لكي يستفيد منها دارسى مورفولوجيا النباتات مغطاة البذور. ونود الإشارة إلى أن هذا الدليل ليس له إرتباطاً بأسماء النباتات أو مؤلفيها، ولو أنه أحياناً تذكر أسمائها بعض الأجناس والعائلات التي ينتمى إليها كل جنس، وذلك للتمثيل فقط. كما أن هناك عدد غير قليل من المصطلحات العلمية لم ترد في هذا المؤلف قد يحتاجها دارسى مورفولوجيا مغطاة البذور، قد تناولناها بالشرح وأحياناً يضاف إلى المصطلح العلمى، مصطلح آخر يكون مرتبطاً به أو يمثل أحد مكونات التركيب الخاص بالمصطلح العلمى.

Abaxial الجانب أو السطح البعيد عن المحور

Abscission layer "Separation layer"

طبقة الانفصال، وهى طبقة من الخلايا ذات تركيب متميز يؤدي وجودها الى سهولة انفصال جزء من النبات مثل الأوراق والأزهار وحتى البراعم والشمار.

Abscission zone

منطقة الانفصال، وتوجد عند قاعدة الورقة أو الزهرة أو الشمرة أو أى جزء آخر من النبات، تحتوى على كل من طبقتى الانفصال والحماية، كل منهما يقوم بدور في انفصال جزء النبات.

Accessory cell "Subsidiary cell"

خلية مساعدة، وهى خلية من خلايا البشرة التي تحيط عادة بالثغر *Stoma* ذات تركيب

متميز مورفولوجيا وذلك عن بقية خلايا البشرة، تتنوع في العدد والترتيب حول الثغر تبعاً لطرازه. وأحياناً، تكون غير موجودة في الثغر.

Accessory fruit parts

أجزاء إضافية تشترك في تكوين الثمرة، مثل الكأس والتخت والأقلام، كما في التفاح والثمرة التينية.

Achene

ثمرة تسمى فقيرة، صغيرة وجافة، غير منفحة، تحاط بغلاف جلدي رقيق، ذات بذرة واحدة، تنشأ عن كربلة واحدة من متاع عديد الكراويل مثل الورد *Rosa*.

Acicular crystal

بلورة إبرية من أكسالات الكالسيوم، تتجمع أحياناً في حزم تسمى *Raphides*.

Acropetal succession

أجزاء تنشأ في تعاقب قمى من القاعدة إلى القمة.

Actinomorphic

متماثل، يطلق هذا المصطلح على الزهرة التي يمكن تقسيمها إلى أنصاف متماثلة بقطاعات في مستويين مختلفين.

Acuminate

قمة نصل ورقة، مستدقة، حافتى النصل محدبتي قليلاً، يستدقان تدريجياً إلى طرف مدبب.

قمة حادة مدببة لنصل ورقة، جانبي الحافة عند القمة يكونان مستقيمان.

Acute

ترتيب حلزوني عكس سوارى

Acyelic

الجانبي أو السطح المواجه للمحور، الظهري

Adaxial meristem

مرستيم يوجد على الجانب الظهري لبداية الورقة في هيئة شريط تحت البروتودرم *Pro-toderm* تؤدي إنقسامات خلاياه ومشتقاتها إلى زيادة سمك محور نصل الورقة.

Adnate stipules

أذينات ملتصقة بعنق الورقة

Adnation

التحام بين أجزاء أعضاء غير متشابهة في الزهرة مثل التحام قواعد الأسدية والبتلات والسبلات لتكوين *Hypanthium* والتحام الأسدية مع البتلات.

Adventitious buds

براعم عرضية، تنشأ في غير أماكن تكوينها العادية مثل على نصل الورقة، أو الجذور السنة وجذوع الأشجار، أى براعم لم تنشأ عن المرستيم القمي للساق. تنشأ أيضا في العقل من نسيج الكالوس *Callus* وقد تنشأ سطحيا من البشرة أو في أنسجة عميقة.

Aerenchyma

بارنكيما هوائية، تتميز بوجود فراغات بينية واسعة بين الخلايا، انفصاليا أو إنقراضية. والقشرة ذات البارنكيما الهوائية تتميز بها جذور النباتات المائية، كما توجد في جذور بعض أنواع العائلة النجيلية *Poaceae* والسعدية *Cyperaceae*.

Adventitious roots

جذور عرضية، تنشأ من قاعدة الساق، وفي السيقان الأرضية، وعلى عقد وسلاميات السيقان المتسلقة لبعض النباتات، والعقل الساقية والورقية. وفي أحد أنواع جنس *Dischidia* من العائلة *Asclepiadaceae* تكون الورقة فيه على شكل جرة، وينمو من تجويفها مجموع جذري عرضي.

Aestivation

نظام ترتيب أجزاء الغلاف الزهري في البرعم مثل مصراعى *Valvate* ومتراكب *Imbricate*.

Aggregate fruit

ثمرة متجمعة، تتركب من تجمع عدد من الثمار التي تنشأ من زهرة ذات كرابل عديدة سائبة. جزء الثمرة اللحمي ينشأ عن تحت الزهرة. الثمار إما فقيرات *Achenes* تحمل على السطح المحدب للثمرة مثل الشليك *Fragaria* أو تتركب من عدد من الجرابيات *Follicles* مثل الماسجنوليا *Magnolia* أو حسليات صغيرة *Drupeletes* مثل توت العليق *Rubus*.

Air chamber

غرفة هوائية توجد في النسيج المتوسط للورقة تحت الثغر.

Alelurone grain

حبيبية ألبيرون، بروتينية التركيب، توجد مخزنة في خلايا الإندودرمس، أو الفلقات لبعض البذور كما في القطن، كما توجد في خلايا طبقة الألبيرون المغلفة لاندوسرم حبوب الغلال، وأحيانا توجد في البريسرم. ويوجد نوعان من خلية الألبيرون، بسيطة أو مركبة تحتوي على أجسام شبه كروية *Globoids* وغيرها شبه بللورية *Crystalline* بروتينية التركيب.

Alate fruit

ثمرة مجنحة ، مثل بعض الفقيرات *Achenes*

Alternate leaves

أوراق متبادلة الوضع على الساق، توجد ورقة واحدة عند كل عقدة.

Ament "Katkin"

نورة هرية ، مدلاة ، أزهارها وحيدة الجنس ، توجد الزهرة في إبط ورقة حرشفية ، مثل الصفصاف *Salix*.

Amphicribal vascular bundle

حزمة وعائية مركزية الخشب.

Amphiphloic stele

عمود وعائى مجوف مزدوج اللحاء ، لحاء داخلى وآخر خارجى بينهما الخشب.

Amphistomatic leaf

ورقة توجد الثغور على كل من سطحها ، إذا وجدت الثغور على السطح العلوى عرفت الورقة باسم *Epistomatic* وإن وجدت على السطح السفلى فقط سميت *Hypostomatic*.

Amphitropous ovule

بويضة أفقية ، جسم البويضة يكون أفقيا وعمودى على الحبل السرى . يلتحم الحبل السرى عند حوالى منتصف جسمها مكونا الراق *Raphe*. يوجد هذا النوع في العائلة الشيقية *Ranunculaceae* وبعض الصليبية *Brassicaceae*.

Amphivasal vascular bundle

حزمة مركزية اللحاء ، يحاط بالخشب.

Amyloplast

بلاستيدة عديمة اللون تختص بتكوين النشا.

Anatropous ovule

بويضة منعكسة ، يكون الحبل السرى فيها ملاصقا للغلاف الخارجى للبويضة مكونا بروزا طويلا يسمى الراق *Raphe* يمتد خلاله النسيج الوعائى للبويضة . النقيير *Micropyle* يكون قريبا من موضع إتصال الحبل السرى بالمشيمة .

Androecium

محيط الطلع في الزهرة ، يتركب من سداة واحدة أو أكثر ، قد تكون ملتحمة الخيوط أو سائبة أو بعض الخيوط يكون ملتحما وأخرى سائبة .

Androgynophore

حامل طلعى متاعى ، إمتداد من محور الزهرة يحمل الطلع والمتاع أعلا موضع إتصال

أجزاء الغلاف الزهرى مثل زهرة الساعة *Passiflora*.

Androperianth tube

تركيب أنبوسى أو فنجانى الشكل، ينشأ من التحام قواعد السبلات والبيلات والأسدية، وقد تلتحم مع جدار المبيض جزئيا أو كليا.

Anemophilous

هوائية التلقيح، أزهار تنتقل حبوب اللقاح فيها بواسطة الهواء.

Angiosperms

النباتات مغطاة البذور، وتضم ذوات الفلقتين *Dicotyledons* وذوات الفلقة الواحدة *Monocotyledons*.

Angstrom "A"

أنجستروم، وحدة قياسية بالمجهر الأليكترونى = 10^{-10} م. من الميكرون *Micron* وهو وحدة قياسية بالمجهر الضوئى = 10^{-6} م. من الملليمتر.

Angular collenchyma

كولنكيميا زاوية، تغلفلات الجدر توجد في زوايا اتصال عدد من الخلايا المتجاورة.

Anicocytic stoma

طرارز من الثغور، يحيط به ثلاث خلايا مساعدة إحداها صغيرة. المصطلح القديم يسمى *Cruciferous*.

Annual

حولى، نبات عشبي يتم دورة حياته في عام واحد أو أقل.

Annular ring

حلقة من الخشب الثانوى تتكون في عام واحد.

Annular thickening

تغليظ حلقي في جدر عناصر الوحدات الناقلة للماء، وهى الأوعية *Vessels* والقصبيات *Tracheids*.

Anomalous secondary growth

نمو ثانوى شاذ.

Anomocytic stoma

ثغر عديم الخلايا المساعدة.

Anterior

على الجانب الأمامى، بعيدا عن المحور في اتجاه قناة الزهرة.

Anther

متك في الزهرة، جزء السداة الذي يحتوي على حبوب اللقاح، يتركب عادة من فصين، يوجد عند قمة خيط السداة *Filament*.

Anthesis

التزهيز، الفترة التي تبلغ فيها الزهرة مرحلة النضج.

Anticlinal

عمودي على السطح، في حالة إنقسام الخلية.

Antipodal cells

الخلايا السمتية، ثلاث خلايا تحتل الطرف الكلازي للكيس الجنيني. قد تندثر بعد الإخصاب، أو ينشأ عن انقسامها نسيج خازن للغذاء يسمى النسيج السمتي *An-tipodal tissue* كما في بعض نباتات العائلة النجيلية. أحيانا، كما في *Aster* يتراوح عددها بين ٢-٣ قد تزداد واحدة منها أو أكثر في الحجم وتصبح في هيئة محص يتصل بالنسيج الوعائي للمبريضة. وقد تزداد الخلايا السمتية في الحجم وتصبح نشطة فسيولوجيا، عديلة الأنوية.

Apetalous

زهرة عديمة البتلات.

Apex

الجزء الطرفي للجلد أو الساق الذي يوجد به المرستيم القمي

Aphyllous

عديم الأوراق

Apical cell

الخلية القمية، توجد في طرف المرستيم القمي لجنود وسيقان النباتات الوعائية الدنيا والحزازيات. وهي خلية إنشائية، أكثر طرزا شبيحا ذو الشكل الهرمي والعديسي.

Apical meristem

مرستيم قمي، يوجد في طرف الساق والبراعم والجنود، خلاياه مرستيمية، ينشأ عن نواتج انقساماتها الأنسجة الابتدائية لكل من الساق والجلد. وقد يكون هذا المرستيم خضرنا ينشأ عنه الأجزاء الخضرية أو زهرنا تنشأ عنه النورات والأزهار.

Apiculate leaf

ورقة، قمة النصل فيها قصيرة حادة

Apocarpous gynoecium

متاع سائب الكرايل

Aposepalous calyx

كأس زهرة سائب السبلات

Apposition

أحد طرز النمو في جدر الخلية ، حيث تتراكم مواد الجدار في طبقات متتالية .

Aquatic plants

نباتات مائية

Arboroscent

نبات طبيعة نموه شجرية

Areole

الجزء الخالي من فروع العروق في نصل الورقة ، يطلق أيضا على مساحة صغيرة تنمو عليها أشواك أو شعور .

Aril

غلاف خارجي للبويضة ، يوجد خارج الغطاء العادي ، ينشأ عنه السرة أو الحبل السرى أو الكلازا ، وحتى من غلاف البويضة ، في هيئة غلاف ثالث ، عادة يكون لحميا . قد يشاهد على سطح القصرة في البذرة ناشئا عن الحبل السرى في البويضة كما في بعض أنواع البقوليات حيث يكون ملونا ولامعا على القصرة .

Aristate

قمة نصل مدببة ، طويلة ضيقة تشبه الشوكة كما في النخيل .

Articulate

مفصلى .

Articulated laticifer

تركيب يحتوى على اللين النباتى *Latex* مفصل يتركب من أكثر من خلية ، الجدر الطرفية قد أزيلت كلياً أو جزئياً ، قد يكون متفرعا أو غير متفرع .

Asexual

غير جنسى .

Astrosclereid

إسكلريدة نجمية ، متفرعة

Aum

سفا ، تركيب رفيع وخشن ، ينمو من السطح السفلى لقنابح السنبليات *glumes* في بعض أنواع العائلة النجيلية .

Axill leaf

إبط الورقة ، الزاوية العليا لعنق الورقة قد ينمو من برعمها فرع أو زهرة يوجد فيها عادة برعم ، وأحيانا برعمان أو ثلاثة .

Axial parenchyma

بارنكيميا محورية ، توجد في الأنسجة الوعائية الثانوية ، موازية لمحور النبات ، عكس

البارنكيا الشعاعية Ray parenchyma التي تمتد أفقياً، عبر الخشب واللحاء الثانويين،
تسمى الشعاع الوعائي Vascular ray.

Axil system

الجهاز المحوري، في الأنسجة الوعائية الثانوية. ويضم جميع الخلايا الناتجة عن انقسام
مشتقات البدايات المغزلية Fusiform initials والتي يكون محورها موازياً لمحور النبات.
يسمى أحياناً الجهاز العمودي Vertical system.

Axillary bud

برعم إبطي، يوجد في إبط الورقة، يتكشف عنه فرع خضري أو زهرة أو نورة، وأحياناً
شوكة أو محلاق.

Banner

العلم، البتلة العليا للتويج في العائلة الفراشية، يسمى أيضاً Standard أو Vexillum.

Bark

قلف، الجزء الخارجى من جذع الشجرة الذي يوجد خارج الكامبيوم الوعائي. ويصنف
القلف الى خارجي ميت وآخر داخلي حي يتركب عادةً ومن اللحاء. من طرز القلف،
قلف حلقي Ring bark وقلف حشفي Scale bark.

Basifixed, anther

متك مثبت من قاعدته بقمة خيط السداة

Basipetal

تكشف من القمة تجاه القاعدة في خط طولى

Bast fibers

ألياف لحاء، توجد خارج نسيج الخشب

Berry

ثمرة عنب، طرية غير منفحة، تحتوى على عدة بذور، تنشأ عن متاع ملتحم الكرابل،
الغلاف الثمرى لحمى مثل العنب.

Bipinnate leaf

ورقة مركبة زوجية التقسيم الريشى.

Rachilla

محور النورة الأساسى Rachis يتفرع الى محاور جانبية كل منها يمثل محور الورقة يحمل
ورقات صغيرة على جانبية يسمى كل منها ريشة Pinna.

Bicollateral vascular bundle

حزمة وعائية ذات جانبين، وتحتوى لحاء على جانبي الخشب.

Biennial

ثنائي الحول، نبات عشبي تستغرق فترة حياته عامان .

Bifacial leaf

ورقة تشرحيًا ذات جانبيين، ويوجد النسيج العكاسي على جانب واحد، النسيج الإسفنجي على الجانب الآخر.

Blfid

قمة نصل مشقوقة .

Bifurcate

ثنائي التفرع، مثل الاقلام والمياسم في الزهرة، وبعض أنواع الشعور تكون متفرعة على شكل حرف Y .

Blahitate

ثنائي التفرع، يستخدم في حالة الكأس والتويج كما في العائلة الشفوية Lamiaceae.

Blovinute

مبيض ثنائي البويضات .

Biseriate, perianth

غلاف زهري يتكون من محيط الكأس والتويج .

Biseriate ray

شعاع Ray في الأنسجة الوعائية الثانوية عرضة خليتان

Blind pit

نقرة عمياء، لا يقابلها نقرة أخرى في الجدار الخلوي المجاور أو المسافة البينية .

Bordered pit

نقرة مضفوفة، الجدار الثانوي فيها على شكل ضفة فوق غشاء النقرة Pit membrane الذي يتكون من الصفائح الوسطى والجدارين الابتدائيين لتقنيتين متجاورتين .

Bordered pit - pair

نقرة زوجية مضفوفة، نقرة مضفوفة في جدار يقابلها نقرة مثلها في الجدار الملاصق .

Brachysclereid

إسكلريد حجرية، قصيرة ذات جدر ملحنته سميكة بها نقر متفرعة .

Bract

قنابة، ورقة مختزلة يخرج من إبطها زهرة

Bracteole

قنبية، ورقة مختزلة جدا توجد على عناق الزهرة، واحدة على عناق الزهرة في النبات ذات

الفلقة، قنيتان في ذات الفلقتين.

Branch gap

فرجة أو ثغرة الفرع، توجد في منطقة العقدة في الساق. مساحة من خلايا بارنكيمية تنلمج عندها القشرة مع النخاع في الساق توجد حيث تنحني مسيرات الأفرع من الأسطوانة الوعائية للساق تجاه الفرع. عادة تكون مشتركة مع فرجة الورقة التي في إبطها الفرع في ثمرة واحدة.

Branch trace

مسار الفرع، حزمة وعائية في الساق ترتبط فيها بين منطقة إتصالها بالنسيج الوعائي في الفرع والمنطقة التي تنلمج عندها مع الجهاز الوعائي للساق. يمتد مسار الفرع في الساق لمسافة معينة ثم يندمج مع الجهاز الوعائي للساق. عادة يوجد مساران وعائيان للفرع في ذوات الفلقتين وأحيانا يوجد مسار واحد، في ذوات الفلقة يوجد عدة مسارات.

Bristly

شوكي، تحمل أشواك أو شعور جامدة صلبة

Bud

برعم، قد يكون إبطيا أو طرفيا، خضريرا أو زهريا، عاريا أو مغطى بحراشيف، أو عرضي. ساق قصيرة جدا غير مكتملة التكشف، تحمل بدايات أوراق، وتنتهي طرفه بمرستيم قمى تغلفه بدايات أوراق متدرجة في التكشف.

Bud scales

حراشيف البراعم، تنشأ عن أوراق أو أذينات محورة، عادة تكون سميقة جلدية ذات لون بني، يترابك بعضها فوق بعض. قد تغطي بطبقة شمعية أو صمغية أو بشعور كثيفة، تحمي البرعم في الشتاء، كما في البلوط والتوت والخوخ، وأخرى غيرها كثيرة.

Bud - scale scars

ندب حراشيف البراعم، حلقات متتابعة توجد عند بعض عقد الساق. كل مجموعة من هذه الحلقات تحدد موضع حراشيف البرعم التي سقطت بعد تفتح البرعم المغطى.

Bulb

بصلة، ساق أرضية قرصية الشكل، تكسى بأوراق حرشفية جافة تغلف أخرى خازنة للغذاء.

Bulbel

بصلة، إحدى مكونات البصلة الأم، كل منها يمثل برعما إبطيا سميكًا يحاط بورقة

حرشفية جافة رقيقة مثل الثوم . وساق البصلة قرصى صغير ذو برعم طرفي .

Bulbil

بصلة صغيرة، هوائية، تنشأ في إبط ورقة خضراء مثل الزنبق . في نبات السيسال *Agave sisalana* وهو من نباتات الألياف الورقية، تتكون بصيلات هوائية في أباط أعناق الأزهار إذا سقطت على التربة الرطبة تكون عنها نباتات جديدة .

Bulliform cells "motor cells"

خلايا كبيرة الحجم توجد في أشرطة من بضع خلايا في النصل بين العروق، مرتبة طوليا معها، وهي أكبر حجما من بقية خلايا البشرة، تسمى الخلايا اللافة أو المحركة، كما في البشرة العليا لأوراق النجيليات .

وتوجد هذه الخلايا في الغالبية العظمى من أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة . وقد تكسو السطح العلوي للنصل، وقد توجد على كل من سطحي الورقة .

وإذا وجدت في أشرطة، فإن أكبر خلايا تكون الوسطى . والجدر القطرية لهذه الخلايا تكون رقيقة بينما الخارجية تكون مائلة في سمكها لبقية خلايا البشرة، تكسوها طبقة خارجية من الكيوتين . ولا تحتوى على بلاستيدات خضراء، فجواتها غنية بالماء .

Bundle cap

قلنسوة الحزمة الوعائية، تتركب من خلايا اسكلرنكيمة، تشاهد في هيئة غطاء على السطح الخارجى للحاء الحزمة .

Bundle ends

نهايات الحزم الوعائية، عبارة عن فروع العروق التي توجد في الأجزاء الصغيرة للنسيج المتوسط . قد تتركب نهاية الحزمة من قصبة واحدة أو اثنين يرافقهما خلية بارنكيمة أو من قصبة فقط .

Bundle scars

ندب الحزم الوعائية، توجد في ندب الأوراق *Leaf scars* يكون عددها مساو لعدد مسارات الورقة *Leaf traces*

Bundle sheath

غلاف الحزمة الوعائية، طبقة أو طبقتين تحيط بالحزمة الوعائية، تتركب من خلايا بارنكيمة أو اسكلرنكيمة . غلاف الحزمة الوعائية، في أوراق بعض ذوات الفلقتين وفي بعض النجيليات، يتركب من طبقة واحدة من خلايا بارنكيمة تقوم بتكوين واختزان النشا، ويمكن اعتبارها غلافا نشويا *Starch sheath* .

Bundle – sheath extensions

إمتدادات غلاف الحزمة الوعائية، صفيحة من خلايا بارنكيميية أو إسكلرنكيميية تصل ما بين غلاف الحزمة الوعائية في الورقة والبشرة العليا أو البشريتين، العليا والسفلى، ربما يكون لها دور في عملية النقل بين خلايا النسيج المتوسط والعناصر الناقلة.

Caducus سريع التساقط، كما في سبلات بعض الأزهار

Calciform يشبه الكأس.

Callose

كالوز، مادة عديدة التسكر، غير متبلورة، شائعة الوجود في المساحات الغربالية Sieve areas للوحدات الغربالية في لحاء البذور.

كما وجدت أيضا في أنابيب اللقاح. ويصبغ الكالوس باللون الأزرق باستخدام صبغة Aniline blue.

Callus

كالوس، نسيج من خلايا بارنكيميية كبيرة رقيقة الجدار. ينشأ هذا النسيج نتيجة لجروح تحدث في النبات. توجد في هيئة بروز جامد، ينشأ عن زيادة واضحة في حجم عدد من الخلايا المحيطة بالجرح، وقد تحدث في خلايا عميقة، تأخذ بعدها في الانقسام مكونة الكالوس. قد ينشأ كامبيوم وعائى من خلايا الكالوس ينتج عنه خشب ولحاء ثانويين. وقد ينشأ بریدرم في الطبقة السطحية على إمتداد البریدرم في نفس الساق إن وجد.

Calyptra

غطاء أو قلنسوة، مثل غطاء الثمرة في الكافور، أو شكل الكأس كما في بعض أزهار العائلة الخشخاشية Popaveraceae.

Calyptrogen

نسيج مرستيمى تنشأ عنه القلنسوة في الجذر ويوجد في طرف المرستيم القمى للجذر. ويمثل أحد المرستيمات في نظرية أصل الأنسجة.

Calyx: Sepals

الكأس في الزهرة، المحيط الخارجى، يتركب من سبلات سائبة أو ملتحمة، أحيانا يكون بتليا Pctaloid.

Calyx tube

أنبوية الكأس، تركيب أنبوى ناتج عن كأس ملتحم السبلات.

Cambial initials

بدايات الكامبيوم، توجد في الكامبيوم الوعائي، وتصنف إلى بدايات مغزلية *Fusiform initials* وبدايات الأشعة *Ray initials* الأولى مصدر لجميع الخلايا التي يتكون منها الخشب واللحاء الثانويين والتي ترتب موازية لعضو النبات مثل الأوعية والقصبيات والألياف، واللحاء الثانوي مثل الأنابيب الغربالية والألياف وبارنكيا اللحاء. وبدايات الأشعة يتكون عنها الجهاز الشعاعي لكل من الخشب الثانوي واللحاء الثانوي أي الأشعة الوعائية.

Companulate

ناقوسي الشكل مثل التويج

Campylotropous, ovule

بويضة كلوية الشكل، مقوسة، النورسلة فيها وغطائي البويضة تكون منحنية، فتحة النقيير تكون تجاه قاعدة المبيض كما في العائلة الصليبية والقرنفلية.

Capsule

ثمرة علبة، جافة، تنشأ عن متاع ملتحم الكرابل. تفتتح عند النضج بواسطة ثقب في جدارها *Poricidal* أو مسكنا *Louclicial* أو حاجزيا *Septicidal*. وتحتوى الثمرة العلبة على عدة بذور.

Carpel

كربلة، الوحدة التركيبية للمتاع في أزهار مغطاة البذور. المتاع البسيط يتركب من كربلة واحدة، والمركب يتكون من كربلتين أو أكثر ملتصحة. الكربلة النموذجية تتركب من مبيض *Ovary* بداخله بويضة *Ovule* أو أكثر، وقلم *Style* وميسم *Stigma*.

Carpophore

حامل كربلى، عنق ينشأ عن إمتداد التخت يحمل متاع الزهرة. في العائلة الخيمية يكون في هيئة تركيب رفيع يمتد أعلا التخت، كربلى المنشأ، يحمل الثمرة المنشقة *Cremocarp* إلى ثميرتين كل واحدة تحمل على أحد فرعى هذا الحامل.

Caruncle

السياسة، زائدة إسفنجية توجد خارج قصرة البذرة بجوار السرة، تنشأ عن الجزء الطرفى لغلاف البويضة.

Caryopsis, grain

ثمرة جافة، غير منفحة، حبة تتميز بها النباتات التابعة للعائلة النجيلية، تحتوى على

بذرة واحدة إندوسبرمية . بقايا قصرة البذرة التحمت مع غلاف الثمرة مكونة تركيبا واحدا، هو غلاف الحبة .

Casparian strip

شريط كاسبري، ترسيب من السوبرين Suberin وأحيانا اللجنين Lignin على هيئة شريط في جدار خلايا طبقة الإندودرمس Endodermis القطرية والعرضية في الجذر. كما يوجد في نخيل البلح، وأحيانا في السيقان العشبية، إندودرمس ذات أشرطة كاسبري، قد تتكون فيها عند فترة التزهير. كما يوجد الأندودرمس أيضا في الريزومات . قد تخزن نشا في خلاياها فتسمى حينئذ الغلاف النشوي Starch sheath كما في بعض السيقان .

Caduate

قمة نصل على شكل ذيل، أو ذنبية

Cauline

ينمو من الساق .

Cell

خلية، الوحدة البنائية والفسيولوجية للنبات الحى . الخلية الحية تتركب من بروتوبلاست يحيط به جدار خلوى، بينما غير الحية، تتركب من جدار فقط يحيط أحيانا بفجوة تحتوى على بعض نواتج التحولات الغذائية مثل البلورات .

Cellulose

السليولوز، مادة كربوهيدراتية، تمثل المكون الرئيسى لجدر الخلايا النبات . تتركب من سلاسل طويلة من جزيئات سكر الجلوكوز اللامائية . يشترك مع السليولوز مواد أخرى عضوية مثل السليكا .

Central cylinder

الأسطوانة المركزية، مصطلح يدل على الأنسجة الوعائية والنسيج الأساسى المرتبط بها مثل النخاع .

Centrifugal

التكوين من المركز نحو الخارج في مستوى عرضى .

Centripetal

التكوين من الخارج نحو المركز .

Chaff

قنابة جافة غشائية حرسية .

Chalaza

الجزء القاعدى من البويضة حيث يلتقى غلافا البويضة مع النيوسيلة، قد يلتحم الخبل السرى معها وينتهى فيها النسيج الوعائى للبويضة، وأحيانا يمتد في غلاف أو غلافى البويضة .

Chlorenchyma

النسيج الكلورنكي، يتكون من خلايا بارنكيمية تحتوي على بلاستيدات خضراء، رقيقة الجدر ابتدائية.

Chloroplast

بلاستيدة خضراء، عضي تركيبى بروتوبلازمى يحتوى على الكلوروفيل ويبنى فيها السكر أو النشا، غالبا عدسية الشكل، يكثر وجودها في خلايا النسيج المتوسط في الورقة.

Chromoplast

بلاستيدة ملونة، عضي تركيبى بروتوبلازمى ذات أشكال مختلفة عصوية أو قرصية أو في هيئة صفائح رقيقة، أو حلزونية، كما تتنوع في اللون بين الأصفر، والبرتقالى أو الأحمر. ويرجع اللون إلى الحبيبات الكاروتينية فيها.

Cladode

ساق ورقية، متحورة إلى تركيب ورقى الشكل، وحيدة السلامة، خضراء اللون، توجد على الساق، تنمو من إبط ورقة حرشفية كما في نبات السفندر.

Cleistogamic flower

زهرة صغيرة، مغلقة تتلفح ذاتيا.

Closed layer

طبقة غائقة في العدسة Lenticel تتكون من خلايا محكمة التلاصق تتبادل مع أخرى خلاياها مفككة، يتكون عنها النسيج المائى، وجدر الخلايا مسورة.

Coleoptile

غمد الريشة في العائلة النجيلية، ويرى بعض الباحثين أنه جزء من الفلقة، وظيفته حماية الريشة خلال الانبات.

Coleorhiza

غمد الجذير في جنين العائلة النجيلية.

Column

العمود، تركيب زهرى، ينشأ عن التحام الأسدية والقلم والميسم كما في الأوركيد، أو الأسدية فقط كما في Cucurbita من العائلة القرعية.

Coma

تاج من الأوراق عند قمة الساق غير المتفرعة كما في نخيل البلح، أو خصلة من الشعور تحمل على قمة البذرة.

Companion cell

خلية مرافقة، في لحاء مغطاة البذور، تكون مصاحبة لوحدة أنبوية غربالية Sieve tube element تنشأ من نفس البداية الخلوية التي تنشأ منها وحدة الأنبوية الغربالية.

Compound laticifer

تركيب لبنى نباتى مركب، يتألف من خليتين فأكثر، مفصل *Articulated laticifer* يتركب من سلاسل طويلة من الخلايا، الجدر الطرفية فيما بينها تلاشت كلياً أو أصبحت مثقبة، فتصبح في صورة تركيب أنبوي يشبه الوعاء.

Compound leaf

ورقة مركبة تتألف من أكثر من وريقتين.

Compound middle lamella

الصفیحة الوسطی المركبة، تضم الصفیحة الوسطی والجداران الابتدائيان الملاصقان لها، وأحياناً تشمل أيضاً الطبقات الأولى من الجدار الثانوي.

Compound sieve plate

صفیحة غربالية مركبة، تتركب من عدة مساحات غربالية Sieve areas.

Conducting tissue

النسيج الناقل أو الموصل، ويضم نسيج الخشب ونسيج اللحاء، وهما اللذان ينقلان المواد اللازمة لنمو واستمرار حياة النبات.

Conduplicate carpel

كربلة غير متميز فيها مبيض أو قلم أو ميسم، كما في العائلة Winteraceae وهي إحدى العائلات البدائية التركيب من ذوات الفلقنتين. الكربلة مفتوحة جانبياً، حافتيها متقاربتين بدرجة كبيرة، يوجد على امتداد كل منها بروز طوي يسمى البروز المسمى Stigmatic crest تكسوه شعور حلمية، تسقط وتثبت حبوب اللقاح خلالها. حبوب اللقاح في هذه العائلة وحيدة الأخلود، وقد إختزل إلى ثقب واحد.

Conjunctive tissue

نسيج ضام، يتركب من خلايا بارونكيميية ذات جدر سميكة، ينشأ من كامبيوم خاص.

Connate leaf

ورقة تاجية، توجد وريقتان متقابلتان عند العقدة، تلتحم قاعدتيهما حول الساق الذي يكون ماراً من وسطهما.

Connecting strand

أشرطة سيتوبلازمية تصل سيتوبلازم العناصر الغربالية المرتبة رأسياً في لحاء مغطاة

البلور. هذه الإمتدادات الستويلازية تمر من خلال ثقبو المساحات الغربالية التي توجد في الصفائح الغربالية. قطر الثقب في المساحة الغربالية يتراوح بين أقل من ميكرون الى حوالي ١٥ ميكرون، وتحاط الأشرطة الموصلة بغشاء رقيق من مادة الكالوز، وقد يتكون منه طبقة رقيقة فوق المساحة الغربالية.

Contractile root

جذر متقلص، وهو جذر عرضي ينشأ على بعض السيقان الأرضية مثل الأبصال، تتميز بقدرتها على الانكماش فتسحب قمة الساق لتضعها في الموضع المناسب لنموها، كما في نبات السوسن والزنبق، هذه الجذور تكون عادة لحمية، تنمو عموديا في التربة.

Cordate leaf

ورقة ذات نصل قلبى الشكل.

Cork

فلين، ينشأ عن الكامبيوم الفلينى، خلاياه ميتة، ذات جدر مسورة، محكمة الترتيب لاتوجد بينها مسافات بينية، ومرتبطة في صفوف قطرية. والجدر خالية من النقر، قد تكون ذات لون بني أو أصفر. يرجع اللون الى وجود مواد صمغية أو دباج في تجويف الخلية. والفلين الناضج غير منفذ للماء أو الزيت، وهو خفيف الوزن.

Cork cambium, phellogen

كامبيوم فلينى، وهو مرستيم جانبي ثانوى، خلاياه من نوع واحد، جدرها القطرية أقصر من المسامية، الخلية ذات فجوات عصارية. ينشأ الكامبيوم الفلينى سطحيا أو عميقا في القشرة وحتى في اللحاء في الساق. بينا ينشأ الكامبيوم الفلينى في الجدر من الطبقة المحيطة. وينشأ عن الكامبيوم الفلينى نسيج واق في سيقان ذوات الفلقتين يسمى البريذر Periderm يتركب من الفلين الى الخارج وقشرة ثانوية من صف أو أكثر، من خلايا بارنكيمية الى الداخل.

Corm

كورمة، وهي ساق أرضية، مثل القلقاس، قاعدة ساق، متخصصة تنمو رأسيا في التربة. العقد على هيئة حلقات حول المحور تغلفها أوراق حرشفية في أباطها براعم إبطية عذبة. البرعم الطرفى محاط بقواعد الأوراق. تشاهد كورمات صغيرة Cormel أو Cormlets عند بعض العقد كل منها ينشأ عن نمو برعم إبطى، تشبه الكورمة الأم.

Corolla

التويج في الزهرة، يتركب من بتلات، ملتحة Sympetalous أو سائبة Polypetalous. يتنوع شكل ولون البتلات ويرجع اللون الى وجود البلاستيدات الملونة أو إلى صبغات في العصير الخلوى. خلايا البشرة في البتلات تحتوى كثيرا على زيوت طيارة عبقه الرائحة.

Corona

زوائد ذات شكل ولون مميزين، توجد نامية من التويج أو بين التويج والأسدية. تنظم في شكل حلقة كما في النرجس وذلك من التويج، وفي زهرة الساعة يكون التاج في هيئة زوائد ملونة بين التويج والأمدية.

Corpus

البدن، في نظرية الغطاء والبدن. وهو الجزء المحاط بالغطاء Tunica من المرستيم القمى للساق في مغطاة البذور، يشمل مجموعة من الخلايا تنقسم بمستويات مختلفة. وينشأ البدن من بدايات Initials منفصلة توجد تحت بدايات الغطاء، مرتبة في طبقة واحدة.

Cotyledon

الفلقة، وتمثل الورقة الأولى أو الورقتين في جنين البذرة، تخصص أحيانا في تخزين غذاء البادرة. وقد تظهر فوق سطح التربة لتقوم بعملية البناء الضوئى. وفي العائلة النجيلية تفرز إنزيمات لهضم الاندوسبرم ونقله الى البادرة خلال الانبات.

Cotyledonary sheath

غمد، وهو غطاء فلقى كما في البلق.

Cotyledonous seed

بلرة ذات فلقات خازنة للغذاء.

Crystal sand

رمل بللورى

Cuticle

الأدمة، وهي طبقة من الكيوتين ترسب فوق خلايا بشرة الأجزاء الهوائية في النبات.

Cuticular pegs

بروزات من الأدمة.

Cystoliths

حويصلات حجرية. وتوجد في خلايا البشرة في أوراق بعض العائلات مثل التوتية Moraceae. تتكون الحويصلة الحجرية من عتق من السيليلوز عبارة عن إمتداد الجدار الخارجى لخلية البشرة العليا في الورقة. وتوجد الحويصلات الحجرية في عدد من زوائد البشرة مثل الشعرة الخطافية في حشيشة الدينار Humulus والقنب Cannabis.

Cytoplasmic membranes

أغشية سيتوبلازمية، توجد على السطح الخارجى للسيتوبلازم والسطح الداخلى محيطا بالفجوة أو الفجوات العصارية.

Deciduous

متساقط الأوراق عند نهاية موسم النمو.

Decussate

متقابل متصالب، وهو أحد نظم توزيع الأوراق على الساق. حيث يوجد عند عقدة الساق زوج من ورقتين متقابلتين يكون عموديا على اتجاه الزوج من الأوراق الذي يعلوه أو يقع أسفله.

Dedifferentiation

إعادة التميز الخلوي، حينما تعاود الخلايا الناضجة نشاطها المرستيمي، كما في حالة الكامبيوم الفايى الذي ينشأ من خلايا حية ناضجة.

Dehiscence

إنفتاح، التثك أو الثمرة بعد النضج.

Deltoid blade

نصل مثلث الشكل.

Dentate

حافة نصل مسننة، الأسنان عمودية على الحافة.

Derivative cell "Initial cell"

خلية مشتقة من بداية خلوية بعد انقسامها. قد تنقسم الخلية المشتقة مرة أو أكثر قبل أن تصبح من مكونات أحد أنسجة النبات.

Dermatogen

منشئ البشرة، طبقا لنظرية أصل الأنسجة، في كل من الساق والجذر. قد تنشأ منه البشرة والفلنسوة في الجذر فيسمى *Dermatocalyptrogen*.

Development

التكشف، عملية تتضمن التغيرات التي يمر بها النبات أو أى جزء منه منذ نشأته حتى تمام تكوينه، أى الأطوار المتعاقبة لتكوينه.

Diacytic stoma

ثغر متعامد الخلايا

Diadelphous

طلع ثنائى حزم الأسدية

Diaandrous

طلع مكون من سدايتين فقط كما في *Veronica*

Diarch

جذر ثنائى حزم الخشب الابتدائى

Dictyostele

عمود وعائى شبكى، أسطوانة وعائية تتشقق إلى أشرطة وعائية، كل منها يتركب من خشب يحيط به لحاء.

Didynamous

طلع مكون من أربع أسدية ، زوجان منها طولهما مختلف .

Differentiation

التمييز الخلوى ، تغيرات مورفولوجية وفسيولوجية تحدث في الخلية النباتية أو النسيج ، من الحالة المرستيمية حتى مرحلة النضج أى التخصص .

Dioecious

نبات ثنائى المسكن ، الأزهار المذكورة على نبات والمؤنثة على نبات آخر مثل نخيل البلح .

Disc flowers

الأزهار الأنبوبية أى القرصية وسط الثمرة الهامة في معظم نباتات العائلة المركبة .

Distichous

أوراق مرتبة في صفين طوليين

Divided

ورقة ذات نصل مقسم تصل فيه تجاوزيف الحافة حتى العرق الوسطى .

Dorsiventral leaf

ورقة ذات سطحين مختلفين ، يوجد النسيج العمادى تجاه السطح العلوى بينما الإسفنجى تجاه السطح السفلى .

Dorsifixed anther

إتصال قمة الخيط في السداة بظهر المتك .

Drupe

ثمرة حسلة ، طرية لحمية ، ذات بذرة واحدة قصرتها رقيقة تغلفها الطبقة الداخلية للغلاف الثمرى ، وهى صلبة متخشبة مثل ثمرة الخوخ والزيتون والشمش .

Druse

بلمرة نجمية تتركب من أكسالات الكالسيوم . بلمرة مركبة تتألف من عدة بلمورات تبرز شعاعيا من سطحها .

Dry indehiscent fruit

ثمرة جافة غير منفتحة مثل الحبة Caryopsis والفقيرة Achene والبندقية Nut .

Duct

قناة ، تركيب متطاولة ينشأ إما بانفصال الخلايا عن بعضها Schizogenous أو بانقراض وذويان الخلايا Lyzigenous أو كليهما معا Schizolyzigenous

Dwarf stem

ساق قزمية ، سلامياتها قصيرة جدا وعقدتها متقاربة

Early wood

الخشب المبكر، يتكون في بداية موسم النمو، يسمى أيضا خشب الربيع *Spring wood* فاتح اللون، عناصره الخلفية واسعة.

Ebracteate

عديم القنابات

Ectophloic

عمود وعائى أنبوى يتوسطه نخاع، اللحاء يوجد خارج أسطوانة الخشب.

Elaioplast

بلاستيدة زيتية، نوع من البلاستيدات غير الملونة تختص بتكوين الزيت.

Elliptic blade

نصل بيضى الشكل

Emarginate

قمة نصل منخفضة.

Embryo

الجنين في البذرة، يتركب من محور جنين وفلقة أو فلقتان، يحتوى الجنين على بداية المجموع الخضرى التي تسمى الريشة وبداية المجموع الجذرى وتسمى الجذير *Radicle*.

Embryo sac

كيس جنينى، تركيب بيضى الشكل يوجد بداخل النويصلة، يحتوى في الغالبية العظمى من مغطاة البذور على ثلثى أنوية أحادية التركيب الكروموزومى، ثلاث خلايا سمية *Antipodal cells* توجد عند الطرف الكلازى، البيضة وخليتان مساعدتان *Synergids* توجد عند الطرف النقيرى، نواتان قطبيتان *Polar nuclei* توجدان في وسط الكيس الجنينى. وتوجد أنواع أخرى من الكيس الجنينى تختلف في عدد ونوع الخلايا التي يتكون منه كل نوع.

Enation

نمو خارجى من البشرة

Endarch xylem

طراز من نسيج الخشب الابتدائى تتميز به السيقان في مغطاة البذور. تنضج أوعية الخشب في اتجاه خارجى *Centrifugally*. الخشب الأول *Protoxylem* يوجد في المركز، الخشب التالى *Metaxylem* يكون خارجيا.

Endocarp

الطبقة الداخلية من غلاف الثمرة.

Endodermis: (Casparian strip)

الاندودرمس (أنظر شريط كاسبر)

Endogenous

داخلي المنشأ، كما في الجنود الجانية.

Endosperm

الاندوسبرم، نسيج اختزاني للجنين يوجد في البذرة، ينشأ في الكيس الجنيني نتيجة لعملية الإخصاب. توجد ثلاثة طرز من الاندوسبرم، خلوي Cellular ونويوي Nuclear وهيلوبي Hellobial. يستفيد الجنين من الاندوسبرم خلال مراحل تكشفه وعند الانبات.

Endothelium

الطبقة الليفية في جدار المتك، تبطن البشرة، ذات تغليظ ثانوي خاص في الجدر الداخلي والقطرية. التغلظات على الجدر القطرية تكون عادة في هيئة أشرطة تتجه عموديا نحو البشرة، أما الجدر الداخلي فإن التغليظ فيها يكون منتظما أو غير منتظم. أحيانا تكون جدر خلايا هذه الطبقة ذات سمك منتظم قد يخفى بروتوبلاست الخلايا عند استكمال جدرها في السمك، أو يبقى حتى نضج المتك. جدار المتك الناضج، عادة، يتكون من البشرة والطبقة الليفية. تشترك هذه الطبقة في افتتاح المتك.

Entire, leaf margin

حافة ورقة كاملة

Entomophilous

أزهار حشرية التلقيح

Eucleante

عديم النواة.

Epiblast

إيبلاست، زائدة نسيجية صغيرة توجد في أجنة حبوب علة من النباتات النجيلية، في مواجهة القصعة. أحيانا ينظر إليها باعتبارها فلقلة أثرية رغم خلوها من أنسجة وعائية.

Epicotyl

سويقة فوق فلقية، الريشة Plumule في جنين البذرة، وهي البرعم الطرفي الأول لساق النبات.

Epidermis

البشرة، الطبقة الخارجية لأعضاء النبات، صف واحد من خلايا حية، تغطي من الخارج بطبقة أدمة وذلك في السيقان والأوراق، كما تحتوي على ثغور في الأعضاء الهوائية. وفي الجنود تتكون منها الشعيرات الجلدية، وقد تتكون زوائد Trichomes متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة.

Epigeal germination

إنبات هوائى ، تظهر فيه الريشة الفلقتان فوق سطح التربة نتيجة لاستطالة السويقة تحت الفلقية .

Epipetalous stamens

أسدية فوق بتلية ، تحمل فوق البتلات على السطح العلوى ، وتكون ملتصقة معها .

Epiphytes

نباتات معلقة ، هوائية ، تنمو عادة في المناطق الحارة ، ذات جذور هوائية تثبتها في السطح الذي تنمو عليه .

Epithelial cells

خلايا طلائية ، متخصصة فسيولوجيا ، تكسو سطح قصعة جنين النجيليات أو تحيط بتجويف كما في القنوات الإفرازية مثل القنوات الراتنجية Resin ducts والتي توجد في خشب الصنوبر *Pinus*

Equitant leaves

أوراق قاعدية متراكبة كما في الأيرس *Iris*

Estipulate

ورقة عديمة الأذنات

Exarch xylem

خشب أول خارجى المنشأ ، تتميز به جذور مغطاه البذور . الخشب الأول الخارجى يليه الخشب التالى في اتجاه المركز ، ونضج الأوعية يحدث نحو المركز *Centripetally* .

Extendospermic seed

بذرة خالية من الأندوسبرم ، غذاء الجنين استهلك خلال مراحل تكوينه ، ويخزن الزائد منه في جسمه .

Exine

الجدار الخارجى لحبة اللقاح ، يتكون من طبقتين ، الخارجية *Extexine* والداخلية *En-* .
dexine تشاهد الأخاديد والقنوب والزخارف المتنوعة على هذا الجدار .

Exocarp

الطبقة الخارجية لغلاف الثمرة ، يتنوع تركيبها تبعاً لنوع الثمرة ، ونوع النبات .

Exodermis

الأكسودرمس ، طبقة واقية ، توجد تحت البشرة في جذور عدد من النباتات ، مثل بعض النجيليات والبصل وبعض ذوات الفلقتين مثل الخس *Lactuca* والكتان *Linum* .

وتتركب من صف واحد أو بضعة صفوف من خلايا حية ذات جدر مسورة وأحيانا تتلجن، كثيرا ماكان السوبرين في هيئة صفيحة على السطح الداخلى للجدار الابتدائى . قد تضم نوعان من الخلايا، طويلة، جدرها مسورة، وقصيرة غير مسورة الجدر تسمى الخلايا الممررة كما في البصل *Allium*.

Extrafloral nectaries غدد رحيقية توجد على الأجزاء الخضرية للنبات .

Extrorse dehiscence انفتاح خارجى في المتك .

Farinaceous

يحتوى على النشا، أحيانا يستخدم هذا المصطلح ليدل على سطح مغطى بطبقة دقيقة المظهر، كما في أوراق نبات *Primula*.

Fascicular cambium

كامبيوم حزمى، يوجد بين الخشب واللحاء في الحزمة الوعائية، ينشأ عن الكامبيوم الأول.

Feeder roots

جلود مغذية، الفريعات الدقيقة في المجموع الجذرى rootlets التي لم يحدث فيها نمو ثانوى، وهى سهلة التكسر قصيرة العمر تقوم بامتصاص محلول التربة . يفقد الكثير من هذه الجلود في الشتاء .

Fertilization

عملية الاخصاب، تسمى الاخصاب المزدوج في مغطاة البذور، تتضمن اتحاد إحدى المشيجتين المذكرتين مع الببيضة Ovule لتكوين اللاقحة Zygote واتحاد المشيجة الأخرى مع النواة الوسطية المندجة لتكوين نواة الإندوسبرم .

Fiber cell

ليفه خلية متطاولة، إسكلرنيكمية، مستدقة ذات جدر سميكة ملجننة ثانوية، ذات فجوة ضيقة، قد تحتوى على بروتوبلاست عند النضج . هناك مايسمى الألياف الاقتصادية *Economic fibers* أو الألياف النباتية *Vegetable fibers* تضم ثلاثة طرز: ألياف سطحية، ألياف لحائية، ألياف ورقية .
الليفه *Fiber* من الناحية التجارية عبارة عن خيط يتركب من عدد من الخلايا الليفية ملتحمة طرفا بطرف في صف طولى .

Fiber tracheid

قصيبة ليفية، قصيبة تشبه الألياف، توجد في نسيج الخشب، ذات جدر سميكة

ملجننة، أطرافها مدببة، النقر تكون مضفوفة نوعا. القصبيات اللبيفة تكون أطول من القصبيات في نفس النبات. قد تكون القصبيات اللبيفة مجزأة ذات حواجز عرضية تنشأ عقب تكوين الجدار الثانوى.

Fibrous root system

مجموع جذرى عرضى، ليفى، يتركب من عديد من الجذور العرضية الرفيعة، تنمو من عقد الساق القريبة من سطح التربة ومن قواعد الأفرع كما في النجيليات.

Filament

خييط السداة ينتهى من أعلاه بالملتك.

Filiform

خييطى، رفيع وطويل.

Filling tissue

نسيج مالى، يوجد في العديسة Lenticel. ينشأ من الكامبيوم العديسى Lenticel phellogen ويسمى أيضا Complementary tissue. هذا النسيج المالىء يشمل أيضا الخلايا البارنكيميّة التي توجد حول الفرفة الهوائية للثغر وانقساماتها في شتى المستويات، وغيرها الناتجة عن الكامبيوم العديسى، خلايا النسيج المالىء تكون مسورة أو غير مسورة. ويزاد مقدار هذا النسيج يضغط على البشرة في الساق فيمزقها ويظهر على السطح الأمر الذي يؤدي الى موت الخلايا السطحية حيث تستبدل بأخرى ناتجة عن الكامبيوم العديسى.

Floral meristem

المرستيم الزهرى، تنشأ منه جميع محيطات الزهرة. وينشأ عن المرستيم القمى بعد تحوله من الحالة الخضرية الى الزهرية. عادة، يتوقف المرستيم الزهرى عن النشاط بعد نشأة جميع الأعضاء التكاثرية.

Floral nectary

غدة رحيقية زهرية، توجد على أجزاء الزهرة.

Floret

زهرة صغيرة، تستخدم للتعبير عن الأزهار في العائلة المركبة والعائلة النجيلية.

Foliceous

تشبه الأوراق، مثل سبلات الكأس والقنابات، وأحيانا الأذينات كما في البازلاء.

Follicle

ثمرة جرابية، جافة منفحة، تنشأ عن كربة واحدة، تحتوى على عدة بذور. تنفتح على خط التحام واحد، إما التدريز البطنى Ventral suture مثل Aquilegia أو الظهرى Dor-sal suture كما في ماجنوليا Magnolia. وتعتبر هذه الثمرة الطراز البدائى التكوين.

Free central placentation

وضع مشيمي مركزي سائب (أنظر placentation)

Fundamental tissue

النسيج الأساسى، خلافا للبشرة والحزم الوعائية في الساق والجذر.

Funiculus

الحبل السرى، عتق تتصل به البويضة بالمشيمة في جدار المبيض، يمتد فيه النسيج الوعائى للبويضة.

Funnel form

قمعى الشكل، كما في تويج العائلة Convolvulaceae.

Fusiform

مغزلى الشكل، ضيق من الطرفين ومتفخ في الوسط.

Fusiform initial

خلية مغزلية، إنشائية، توجد في الكامبيوم الوعائى، ينشأ عنها عناصر الجهاز المحورى في الخشب الثانوى واللحاء الثانوى.

Gamopetalous "Sympetalous"

تويج ملتحم البتلات

Gamosepalous

كأس ملتحم السبلات

Gelatinous fiber

ليفة جيلاتينية الجدر، خالية من اللجنين.

Generative nucleus

النواة التناسلية، التي تنقسم الى مشيجتين ذكريتين. توجد هذه النواة في حبة اللقاح يحيط بها غشاء سيتوبلازمى. قد يحدث الانقسام في حبة اللقاح أو في أنبوبة اللقاح بعد التلقيح.

Germination of seeds

إنبات البذور حيث يعرف بظهور أى جزء من اجزاء الجنين خارج القصرة إذا كانت الظروف ملائمة للانبات.

Glabrous

سطح لا توجد عليه شعور

Glandular hair

شعرة غدية، ذات رأس، وحيلة أو عديدة الخلايا، غدية تفرز مواد معينة. عادة تحمل على عتق من خلايا غير غدية.

Clachid

تجمع من أشواك صغيرة جدا، كما في كثير من أنواع العائلة الشوكية . Cactaceae.

Glume

قنبعة، قنابة عقيمة، إحدى القنابتين العقيمتين عند قاعدة السنبلة Spikelet في النجيليات .

Grana

تراكيب توجد في البلاستيدة الخضراء تتركب من أغشية حاملة لجزيئات الكلوروفيل والكاروتينويدات المرتبطة بالبناء الضوئي .

Ground meristem

مرستيم النسيج الأساسي، مشتق من المرستيم القمي، وينشأ عنه الأنسجة الأساسية أو الحشوية، خلافا للبشرة والبريدرم والأنسجة الوعائية .

Growth

النمو، زيادة غير عكسية في الحجم مصحوبة بزيادة عدد الخلايا وحجمها نتيجة لتخليق ذاتي للبروتينولازم، ويمكن اعتبار النمو الزيادة الثابتة في حجم أو وزن النبات أو فيها معا . وقد يصاحب الزيادة في الحجم نقص في الوزن كما في البادرة حيث يقل وزنها عن وزن البادرة، إلا أن هناك تكوين خلايا جديدة وأعضاء، أي تخليق للبروتينولازم، مع زيادة الحجم .

Guard cells

خلايا حارسة في الثغور، يتركب الثغر من خليتين حارستين بينهما فتحة تمر فيها الغازات، وتتحكم الخليتان الحارستان في فتح وغلق الفتحة الثغرية .

Gum duct

غدة تحتوى على صمغ ينتج عن تحطم خلايا النبات لاسيما مكوناتها الكربوهيدراتية .

Gynoecium

المتاع في الزهرة، يتركب إن وجد، من كربلة واحدة أو أكثر، تكون منفصلة أو ملتصقة . الكربلة النموذجية تتركب من مبيض وميسم بينهما القلم .

Gynoestegium

العمود Column في زهرة الأوركيد يتكون من التحام الأسدية والقلم والميسم .

Halophytes

نباتات الأرض الملحية .

Hardwood

خشب جامد، تنتجه أشجار فوات الفلقتين

Hastate

نصل ورقة مزراقى الشكل Halpered-shaped فصا قاعدته يكونان أفقيان ومتجهان نحو الخارج، ضيقان ومديبان.

Hauatoria

محصات، أعضاء الامتصاص للنباتات المتطفلة. قد يقوم الاندوسبرم في الكيس الجنيني، بعد الاختصاب، بتكوين محصات تخترق الكيس الجنيني وقد تصل الى الكلازا والحبل السرى لتمتص الغذاء للجنين النامي وأحيانا، ينمو من المعلق Suspensor محصات طويلة تمتص الغذاء للجنين.

Head "capitulum"

نورة هامة، كما في نورات العائلة المركبة. محور النورة قصير، قرصى يحمل أزهارا صغيرة جالسة، اما أن تكون كلها متشابهة، أو تكون الخارجية ذات تويج لسيني تسمى أزهار شعاعية Ray florets ذات قنابات خضراء تحيط بالنورة تسمى قلافة Involucre. الأزهار الداخلية تسمى الأزهار القرصية Disc florets وهي أنبوية الشكل، خشى، الطلع خمس أسدية فوق بتلة، خيوطها سائبة بينها متوكها تكون ملتحمة مكونة أنبوية متكبة. والمبيض مسكن واحد، يحمل قلبا ينتهى بميسم ذى فصين.

Helical "spiral" thickening

تغليظ حلزوني في جدر الوحدات الناقلة للماء، الأوعية والقصبليات، يترسب على الجدر الابتدائية أو الثانوية.

Hypanthium

تحت فنجاني الشكل، ينشأ من التحام الغلاف الزهري مع الطلع في الزهرة، يحمل على قمته، الكأس والتويج والطلع. ويسمى أحيانا أنبوية الكأس Calyx tube. وهي تسمية خاطئة.

Hypocotyl

سويقة تحت فلقية، جزء الجنين أو البادرة الذي يقع بين الجدر الإبتدائي ومنطقة اتصال فلقى الجنين.

Hypodermis

تحت البشرة، صف أو أكثر من خلايا توجد تحت البشرة إذا كانت تختلف مورفولوجيا عن الخلايا الأخرى التي تتكون منها القشرة. ويعتبر الأكسودرمس نوعا من الـ Hypodermis في الجلد.

Hypogeal germination

إنبات أرضى، طراز من طرازي الإنبات، تبقى فيه الفلقة أو الفلتين تحت سطح التربة داخل البذرة. الريشة تظهر فوق سطح التربة نتيجة لاستطالة السويقة فوق الفلقة.

Hypophysis

الخلية العليا من المعلق ينشأ منها جزء من الجذر وقلنسوته في مظلة البذور.

Idioblast

خلية غريبة، توجد في نسيج، ويختلف عن غيرها من خلايا النسيج في الشكل والحجم والمحتويات.

Imparipinnate

ورقة مركبة ريشية ينتهى محورها بورقة طرفية

Indehiscent

غير منفتح، كما في بعض الثمار.

Inferior ovary

مبيض سفلى يوجد تحت مستوى بقية المحيطات الزهرية.

Initials

بدايات خلوية أو خلايا إنشائية توجد في المرستيمات. بالانقسام الخلوي تعوض نفسها وفي نفس الوقت ينتج عنها خلايا مشتقة، تنقسم مرة أو أكثر قبل أن تصبح من مكونات الأنسجة الابتدائية في النبات.

Integument

غلاف بويضى. تحاط البويضة في مظلة البذور بغلاف واحد أو غلافين. في حالات نادرة، تكون البويضة عارية بدون غلاف.

Integumentary tapetum

في البويضة، البشرة الداخلية لغلاف البويضة الداخلى، تترب من خلايا غنية بالمحتويات، يبدو أن لها دور في تغذية الجنين خلال مراحل تكشفه.

Intercalary meristem

مرستيم بينى أشتق من المرستيم القمى، ويوجد على مسافة منه، يؤدي الى استطالة السلايمات في الساق. عادة يوجد فوق العقد أو عند قمة الحامل المتاعى، يوجد عادة بين أنسجة ناضجة.

Intercalary growth

النمو البينى، هذا النمو يحدث بانقسام الخلايا التي انفصلت عن المرستيم القمى، المرستيمات البينية.

Intercellular space

مسافة بين الخلايا في النسيج ، يختلف منشأها ، فقد تكون إنقراضية أو انفصالية أو إنقراضية انفصالية .

Interfascicular cambium

الكامبيوم بين الحزمى ، جزء الكامبيوم الرعائى الذي ينشأ في المناطق بين الحزم الرعائية والتي يطلق عليها اسم الأشعة النخاعية Pith rays في سيقان ذوات الفلقتين .

Internal phloem

لحاء داخلى ، لحاء ابتدائى يوجد الى الداخل من نسيج الخشب ، وينشأ متأخرا نوعان من اللحاء الخارجى ويأثله في التركيب ، غير أنه لايزداد مقداره بنشاط الكامبيوم .

Interxylary phloem

لحاء في داخل نسيج الخشب ، عبارة عن أشرطة أو طبقات بداخل الخشب الثانوى في بعض ذوات الفلقتين . هذه الطبقات تكون متبادلة مع أخرى من الخشب ، أما الأشرطة فانها تكون محاطة بنسيج الخشب .

Introrse

انفتاح المتك داخلى تجاه وسط الخلية .

Intrusive growth

نمو توغلى ، أحد طرز النمو حيث تتوغل الخلية بين غيرها من الخلايا التي تنفصل عن بعضها على امتداد الصفيحة الوسطى أمام الخلية المتوغلة .

Intussusception wall growth

نمو جدر الخلية في السمك بطريقة التداخل ، حيث تتداخل مواد الجدار الجديدة بين أجزائه السابقة ، وذلك خلال فترة الزيادة في الرقعة السطحية Surface area .

Inverted vascular bundle

حزمة وعائية مقلوبة ، يصبح الخشب خارجيا بينما اللحاء داخلى .

Involucel

قليفة ، تتركب من محيط أو أكثر من قنبيات كبا في العائلة الخيمية ، حيث توجد عند قاعدة أعناق أزهار النورة الخيمية البسيطة . يمكن اعتبارها قلافة ثانوية Secondary .

involucer

Involute leaf

ورقة ملتفة النصل تجاه السطح العلوى .

Inobilateral leaf

ورقة متماثلة الجانبين تشرجيا ، توجد البارونكتيا العادية على جانبي النصل بينما البارونكتيا الاسفنجية .

Isodiametric منتظمة الشكل، أقطارها متائلة في الطول.

Keel "Carina"

الزورق، تركيب متميز في زهرة العائلة الفراشية، ناتج عن التصاق جزئى البتلتين الأماميتين للزهرة، يحتوى بداخله على الأسدية والكريلة.

Labellum

شفة، مصطلح يطلق على البتلة الوسطى في المحيط الداخلى للغلاف الزهرى في العائلة الأوركيدية. هذه البتلة تختلف في شكلها وحجمها عن جارتها، وتأخذ شكل شفة. أحيانا، تكون صغيرة وضيقة، وقد يكون طرفها ثلاثى التجزؤ. وقد تكون هذه الشفة مشابهة في شكلها للبتلتين المجاورتين لها.

Labiata corolla

تويج شفوى، كما في العائلة الشفوية، والتويج في هذه العائلة يتركب من شفتين، العليا بتلتان عادة، بينما السفلى ثلاث بتلات.

Lacunar collenchyma

كولنكيا أنبوبية، التخليط الزائد في الجدر يتركز على الأجزاء التي تحيط بالمسافات البينية بين الخلايا.

Lamellar collenchyma

كولنكيا صفائحية، التركيز الزائد في الجدر يكون في هيئة صفائح على الجدر المماسية للخلايا.

Lanceolate blade

نصل رمحى الشكل، يشبه رأس الرمح كما في أوراق الكافور.

Lateral root

جذر جانبي، ينشأ على جذر آخر.

Latex

لبن نباتى، سائل لزج، أبيض اللون غالبا، يحتوى على مواد عضوية مثل السكريات والنشا والبروتينات، كما يحتوى على أحماض عضوية وصمغ وراتنجات. أحيانا يحتوى على مطاط. اللبن النباتى يكون عادة أبيض اللون، أو بنى مائل الى الاصفرار أو أحمر كما في ريزومات نبات عرق الدم *Sanguinaria*. يوجد في تراكيب متخصصة تسمى تراكيب اللبن النباتى *Laticifers*.

Laticifer cell

خلية لبنية، تكون في هيئة قناة، تكون غير متفرعة، وقد يتكون عنها جهاز ضخ متفرع

في جسم النبات . نواة الخلية تستمر في الانقسام دون تكوين جدر عرضية فاصلة، وبذلك يصبح هذا الجهاز عديد الأنوية . يبدأ تكوين هذه الخلية في جنين البذرة، وتستمر في النمو والتفرع في البادرة حتى مرحلة النبات الكامل.

Laticifer vessel "articulated laticifer"

وعاء لبن نباتي مفصل، يتكون من سلسلة طويلة من الخلايا المتطاولة، تلاشت الجدر العرضية بينها أو بقيت، أو كانت مثقبة . الحالة الأولى والأخيرة تجعل هذا التركيب يشبه السواء في نسيج الخشب، وإذا تلاقت جدر الأوعية اللبنية معا فإن الجدر المتلاصقة تصبح مثقبة . إذا كانت الأوعية متباعدة عن بعضها، تحولت بعض الخلايا البارزكيميية فيما بينها إلى وصلات لبن نباتي تصل الأوعية بعضها ببعض بعد امتصاص الجدر الفاصلة . نتيجة لذلك ينشأ جهاز متفرع من أوعية لبن نباتي . أوعية اللبن النباتي ذات جدر غير منتظمة السمك، وقد تنشأ في الجدر بروزات داخلية .

Leaf buttress

ركيزة السورقة، بروز جانبي ينشأ عند قاعدة المرستيم القمي للساق يمثل المرحلة الانشائية في تكوين بداية الورقة الخضراء خلاياه مرستيمية نشطة في الانقسام .

Leaf gap

منطقة العقدة فوق مسار الورقة Leaf trace خالية من النسيج الوعائي . تشاهد الثغرة السورقية عندما يميل مسار الورقة عن الجهاز الوعائي للساق في اتجاه عتق الورقة . قد يكون لكل مسار ورقة ثغرة واحدة، وأحيانا، توجد ثغرة واحدة لمسار الورقة . الأوراق ذات القاعدة المغلفة للساق تكون ذات عدة مسارات ورقية وثغرات ورقية، كما أن معظم النباتات ذات الثلاث ثغرات ورقية توجد لأوراقها أذنان، بينما معظم ذوات الثغرة الواحدة تكون عديمة الأذنان .

Leaf primordium

بداية الورقة، تنشأ في مغطاة البلور ذوات الفلقتين من المرستيم القمي للساق . منطقة النمو في المرستيم القمي لمغطاة البلور، الغطاء والبدن، يتباين اشتراكهما في تكوين بداية الورقة .

Leaf sheath

غمد الورقة، الجزء القاعدي من الورقة الذي يحيط بالساق كما في أوراق النجيليات . أحيانا، يوجد غشاء شفاف بين النصل والغمد يسمى اللسين Ligule . في نبات عصا الراعي Polygonum يكون الغمد قصيرا يتركب من محور والتحام أذنتي الورقة .

Leaf trace

مسار الورقة، عند عقد الساق في مغطاة البذور، تنحرف حزمة وعائية أو أكثر عن مسارها متجهة نحو الورقة التي توجد عند العقدة. إذا تحدد مسار هذه الحزم في الساق وجد أنها تسير منفصلة لمسافات مختلفة، تندمج بعدها مع الأنسجة الوعائية للساق. الحزمة الوعائية التي تمتد لمسافة، في الساق وترتبط بالورقة مباشرة، تسمى مسار الورقة. وبعبارة أخرى، مسار الورقة هو الجزء الوعائي الذي يمتد بين قاعدة الورقة ومنطقة اندماجها بالجهاز الوعائي للساق. قد يدخل الورقة مسار وعائي واحد أو أكثر. ويرى البعض، أن جميع الحزم الوعائية التي ترتبط بالورقة تعرف مجتمعة باسم مسار الورقة، وتعتبر الحزمة الوعائية بذلك جزءا من هذا المسار.

Lenticel

عديسة، تركيب متخصص في البريلدم، يشاهد على السيقان في هيئة شقوق عرضية أو طولية قصيرة، أو عديسة الشكل، داكنة اللون. أحيانا، توجد العدسات على الشاري في هيئة نقط داكنة كما في الكمثرى. قد تكون العديسة دقيقة جدا، أو يصل طولها الى حوالي سنتيمتر أو أكثر. تشاهد العدسات أيضا على الجذور التي يتكون فيها بريلدم. والعدسات هي وسيلة التبادل الغازي بين المحيط الخارجي للنبات وأنسجته الداخلية. تنشأ العديسة من الكامبيوم الفليني العديسي *Lenticel phellogen*. النسيج الذي تتركب منه العديسة يسمى النسيج المائل، يتركب من خلايا ذات جدر رقيقة مسورة أو غير مسورة، ومفككة بينها مسافات بينية، ترتب في بضعة صفوف.

Leucoplast

بلاستيدة عديمة اللون، عضى تركيبى بروتوبلازمى، يتميز فيها نوعان، بلاستيدة نشوية *Amyloplast* وأخرى زيتية *Elaeoplast*.

Lianous

نبات متسلق ساقه خشبية.

Libriform fibers

ألياف خشب لحائية، تشبه ألياف اللحاء، توجد في نسيج الخشب. الجدر ثانوية سميككة ملجننة، أكثر سمكا من جدر القصبيات، ذات نقر بسيطة، تجويفها في هيئة قناة ضيقة تمتد بين تجويف الخلية وغشاء النقرة. هذه الألياف هي أكثر الخلايا طولاً في نسيج الخشب، وأقصرها القصبيات، وبينها القصبيات الليفية. قد تكون هذه الألياف مجزأة بحواجز عرضية، وقد تحتفظ بالبروتوبلاست وتقوم بتخزين النشا والزيوت، فهي بذلك تشبه بارنكيا الخشب في الوظيفة.

Ligulate corolla

تويج شريطي أولسني كما في الزهرة الشعاعية لنبات تباع الشمس .

Light line

الخط الضوئي ، منطقة متميزة في البشرة الخارجية للعقدة في بذور العائلة الفراشية . هذه البشرة تتألف من اسكلريدات عمادية Macrosclereids ذات جدر سميكة زائدة التلجن والتكوتن ، غير منتظمة في السمك .

وتكسى هذه الخلايا من الخارج بطبقة سميكة من الكيوتين . الخط الضوئي يقع تحت طبقة الكيوتين عند الحدود الطرفية للاسكلريدات العمادية ، في هيئة طبقة فاتحة اللون كاسرة للأشعة ، شفافة ، كشرط يمتد عرضيا على محور الخلية الطولي ، وينشأ بترسيب حبيبات دقيقة من الشمع . يقوم الخط الضوئي بمنع نفاذية القصرة للماء والغازات .

Lignification

تلجن ، ترسيب مادة اللجنين في جدر الخلايا

Lignin

لجنين ، مادة فنيولية معقدة التركيب ذات محتوى عال من الكربون تكسب الجدر الخلوية متانة وصلابة ، وتكون مرافقة للسليولوز في الجدر الثانوية ، ويبنى في جدار الخلية الحية .

Linear

خطي ، طويل وضيق ، الحافتان متوازيتان تقريبا ، في نصل أوراق النجيليات .

Lithocyst

خلية الحويصلة الحجرية Cystolith كبيرة الحجم

Loculicidal

انفتاح مسكن في الثمرة العلبة في منطقة وسطية بين حواجز الثمرة .

Lodicule

تركيب لحمي نوعا يسمى فليسة ، يتراوح العدد بين ١-٣ توجد عند قاعدة المبيض في أزهار النجيليات ، يرجع أنها تمثل غلاف زهري مختزل ، وهي متقاربة جدا من بعضها ، أحيانا توجد شعور دقيقة عند قممها . تنتفخ خلال عملية التلقيح ، الأمر الذي يرجع اشتراكها في تفتح الزهرة .

Loment

ثمرة قرظية ، بقولية ، غير منفحة ، تتميز بوجود إختناقات فيها بين أماكن وجود البذور تقابلها حواجز كاذبة عند النضج ، قد تبقى الثمرة كما هي في الفول السوداني أو تتجزأ كما في السنط إلى أجزاء كل منها يحتوي على بذرة واحدة .

Lysigenous intercellular space

إنقراضية، تطلق على مسافة بينية ناتجة عن إنقراض الخلايا وتحطمها.

Macrofibril

لويقة كبيرة، إحدى مكونات الجدار السليلوزي، عبارة عن تجمع من لويقات دقيقة Microfibrils يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي.

Marcescleroid

إسكلريد عادية الشكل، ذات جدر سميكة، غير منتظمة السمك، شائعة في قصرة بذور العائلة الفراشية (انظر الخط الضوئي).

Marginal initials

بدايات حافية، خلايا إنشائية توجد على امتداد حافتي نصل الورقة النامية، يتألف منها المرستيم الحافي Marginal meristem في كل من الحافتين، ينشأ عنها نصل الورقة.

Medullary vascular bundles

حزم وعائية نخاعية، توجد متشرة في نخاع سيقان بعض العائلات النباتية. أحيانا يفصل اللحاء الداخلى عن الحزم الوعائية ويوجد في مجموعات في النخاع. في بعض النباتات، توجد حزم وعائية في القشرة تسمى الحزم القشرية Cortical bundles. أحيانا، كما في العائلة القرعية، توجد أشرطة من الأنابيب الغربالية في النسيج الأساسى بين الحزم الوعائية والبشرة.

Medullary rays

أشعة نخاعية، توجد بين الحزم الوعائية في السيقان ذوات الفلقتين.

Mericap

ثميرة، تمثل نصف ثمرة جافة منشقة shizocarp خيمية Cremocarp وتنشق الثمرة الى ثميرتين عند النضج.

الثمرة غير مفتوحة بها بذرة واحدة، تتميز بها العائلة الخيمية. يوجد على سطح الثمرة خمسة ضلوع بارزة تمتد بطول الثمرة، بكل منها حزمة وعائية. التجاويف بين الضلوع يوجد بها قنوات زيت. والبذرة إنلوسبرمية غنية بالزيت.

Meristem

مرستيم، نسيج متخصص في إنشاء خلايا جديدة بالانقسام الخلوئى غير المباشر. خلاياه تخلق نفسها، بينما المشتقات الناتجة عن الانقسام تمر بمراحل مورفولوجية وفسيولوجية حتى تصبح إحدى مكونات نسيج من النبات. والمرستيمات إما قمعية، أو جانبية، أو بينية.

Mesocotyl

السلامية الجنينية التي تقع بين عقدتي القصعة وغمد الريشة في جنين العائلة النجيلية، تسمى أيضا السلامية الأولى، وتتميز بوجود مرستيم بينى عند قمته، يؤدي إلى استطالتها خلال الإنبات، فيظهر غمد الريشة محيطة بالريشة فوق سطح التربة.

Mesophyll

النسيج المتوسط في الورقة، يقع بين البشريتين العليا والسفلى. في أوراق ذوات الفلقتين يضم البارنكيما العمادية والبارنكيما الإسفنجية، أما في ذوات الفلقة فهو يتكون من بارنكيما إسفنجية فقط. البارنكيمة العمادية تتركب من صف واحد وأحيانا صفين. في النباتات الصحراوية وجدلت البارنكيمة العمادية على جانبي سطح الورقة كثيرا. تحتوى خلايا النسيج المتوسط على بلاستيدات خضراء، فهو المتخصص في عملية البناء الضوئى والتنفس والتتح عن طريق ثغور البشرة. وقد يحتوى النسيج المتوسط على اسكلريدات.

Micelles

ميسيلات، أجزاء من اللويفات الدقيقة للسليولوز، تكون جزيئات السليولوز فيها مرتبة بالتوازي مع بعضها البعض.

Microfibril

لويفة دقيقة، في جدار الخلية، تتركب من جزيئات السليولوز، لاترى إلا بالمجهر الإلكتروني، تتجمع أعداد منها فتتكون لويفة كبيرة.

Micron

$$\frac{1}{1000} \text{ ملليمتر} = 10 \text{ آلاف انجستروم}$$

Millimicron

$$\frac{1}{1000} \text{ ميكرون} = \text{الملليميكرون}$$

Monadelphous

أسدية ملتحمة الخيوط في حزمة واحدة.

Monochlamydous flower

زهرة وحيدة الغطاء

Monocolpate pollen grain

حبة لقاح وحيدة الأخدود

Monoecious

نبات وحيد المسكن، الأزهار وحيدة الجنس، توجد الأزهار المذكرة والمؤنثة على نفس النبات مثل الذرة والخروع.

Monogenous flower

زهرة وحيدة الكربلة.

Multiple epidermis

بشرة متضاعفة، عديدة الطبقات الخلوية، توجد في الأوراق والسيقان والجذور، عديدة الصفوف Multiseriate الطبقة الخارجية هي البشرة الحقيقية. يتراوح عدد الطبقات بين ٢-٦ توجد في العائلة التوتية، ومعظم أنواع جنس *Ficus* والعائلة الفلفلية، *Peperomia* وفي ذوات الفلقة الواحدة كما في النخيل. ويعتبر الحجاب الجذري *Velamen* نوع من هذه البشرة.

Mycorrhiza

الجذر فطر، اتحاد تكافلي بين جذر نبات وفطر، قد يكون هذا الاتحاد الخارجي *Ectotrophic* محيط هيفات الفطر بجذر النبات، أو الداخلي *Endotrophic* حيث تغلغل هيفات الفطر داخل الجذر. الجذر والفطر يتبادلان المنفعة. هذا التجمع شائع بين مغطاء البلور الشجرية والعشبية. ومثل هذه الجذور تكون صغيرة، قلنسواتها محطمة نتيجة لوجود الفطر

Naked flower

زهرة عارية، عديمة الغلاف الزهري.

Navicular glume

قنبعة زورقية الشكل، في النجيليات.

Nectar

الرحيق، محلول سكري تفرزه غدد رحيقية يكثر وجوده في الأزهار حشرية التلقيح، قد يحتوي على سكر السكروز والجلوكوز والفركتوز، وأحيانا يحتوي على بروتينات ومواد مخاطية، يتراوح تركيز الرحيق بين ٣-٨٧٪. كما يتراوح مقدار الرحيق المفرز في اليوم الواحد بين ١٣-٢٦٨ ملليجرام. ويعتبر مقدار السكريات في النبات يمثل أهم العوامل التي تؤثر في إفراز الرحيق.

Nectary

غدة رحيقية، تركيب خلوي، عديد الخلايا الإفرازية، تكون كثيرا في هيئة بروزات أو حراشيف أو نقر. توجد الغدد الرحيقية في الأزهار *Floral nectaries* أو على أجزاء النبات الخضرية. وقد يفرز الرحيق من قواعد الأسدية، أو تكون الغدة الرحيقية في هيئة قرص

أو حلقة تحت الأسدية أو المبيض، أو من شعور عديدة الخلايا. وقد توجد الغدة الرحيقية عند قمة المبيض في هيئة تركيب انبوي أو قرصى. في بعض العائلات، تكون الغدة عبارة عن أسدية متحورة أو عقيمة. قد تكون في هيئة جيوب عميقة في جدار المبيض ذات قنوات موصلة إلى السطح. يستمد الرحيق من اللحاء الذي تصل عناصره قريبا من خلايا النسيج الإفرازي للغدة الرحيقية، التي قد تكون سطوحا مفرزة إلى تراكيب غدية متخصصة. وأحيانا تقوم الثغور بإخراج الرحيق المغرز.

Netted, reticulate, venation

تعريق شبكى، يتميز به نصل الورقة في معظم ذوات الفلقتين، العروق Veins تكون متدرجة في الفرع ومتشابهة. وهو إما ريشى Pinnate أو راحى Palmate.

Neutral flower

زهرة محايدة، تحتوى على التويج فقط.

Nodal diaphragm

حاجز العقدة، نسيج يوجد في منطقة العقدة في السيقان المجوفة، أفقى يمتد في وسط العقدة، يمثل النخاع.

Node

العقدة، في الساق، جزء الساق الذي تتصل به ورقة أو أكثر، الجزء الواقع بين سلاميتين. تختلف العقدة في تركيبها التشريحي عن ساق نفس النبات نظرا لوجود مسارات الأوراق والأفرع. بالإضافة إلى اختلاف تركيب الحزم الوعائية في العقدة عنه في الساق. وتصنف العقد في النباتات ذوات الفلقتين إلى أربعة طرز:

(١) عقدة ذات ثغرة واحدة ومساران لكل ورقة Two-trace unilacunar

(٢) عقدة ذات ثغرة واحدة ومسار واحد لكل ورقة One-trace unilacunar

(٣) عقدة ذات ثلاث ثغرات وثلاثة مسارات للورقة Three-trace unilacunar

(٤) عقدة عديدة الثغرات وعديدة المسارات للورقة Multilacunar

Nonconducting phloem

اللحاء المتوقف عن التوصيل، يطلق على جزء اللحاء الذي تتوقف فيه العناصر الغربالية عن القيام بوظيفتها. من العلامات التي توضح توقف العناصر الغربالية عن التوصيل تغطية المساحات الغربالية بإداة الكالوز أو خلوها منه حيث يختفى في العناصر المتوقفة السن، وقد تختفى محتوياتها، أو تتحطم كلياً أو جزئياً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الخلايا المرافقة وبعض الخلايا البارنكيمية قد تتحطم. قد تتحول الخلايا البارنكيمية في هذا اللحاء إلى ألياف أو أسكلريدات، ويزداد عدد البللورات فيه. يؤدي تكوين الكامبيوم

الفلينى الى تحديد مدى إتساع هذا اللحاء المتوقف عن التوصيل . اذا نشأ الكامبيوم الفلينى سطحيا ، كانت منطقة اللحاء عريضة ، أما إذا نشأ الكامبيوم الفلينى سنة بعد أخرى في طبقات متتابعة في اللحاء الى الداخل ، فان ذلك يمنع تراكم هذا اللحاء في طبقات سميكة .

Nonstoried cambium

كامبيوم غير طبقي ، وهو طراز من الكامبيوم الوعائى لا تترتب فيه البدايات المغزلية في طبقات أفقية وتتراكب نهاياتها فوق بعضها البعض . والبدايات المغزلية تكون طويلة .

Nucellus

النويسيلة ، النسيج الأساسى في البويضة يحتوى بداخله على الكيس الجنينى ويحاط بغلاف أو غلافين .

Nuclear endosperm

اندوسبرم نووى ، طراز من طرز الإندوسبرم تنقسم فيه نواة الإندوسبرم عدة إنقسامات بدون تكوين جدر خلوية . تنشأ الجدر في مرحلة متأخرة بعد تكوين عديد من الأنوية .

Nuclear membrane

غلاف النواة ، غلاف مزدوج الأغشية ، كل منها عبارة عن وحدة غشائية . يتميز هذا الغلاف بوجود ثقب دقيقة تصل محتوياتها النواة بالسينتوبلازم ، كما توجد امتدادات منه تتصل بالشبكة الإندوبلازمية .

Nut

ثمرة بذقة ، جافة غير منفحة ، غلافها الثمرى خشبى ، ذات بلرة واحدة تغلفها قصرة رقيقة .

Obcordate blade

نصل قلبى الشكل مقلوب ، قمة النصل ذات فصين عميقين

Obdiplostemonous

طلع ثنائى السوار من الأسدية ، أسدية المحيط أو السوار الخارجى تكون في مواجهة البتلات . توجد طرز أخرى لتركيب الأسدية تبعا لعدد محيطاتها ولوضعها بالنسبة للبتلات منها : (١) طلع الأسدية في المحيط الخارجى متبادلة مع البتلات *Diplostemonous* (٢) طلع الأسدية في أكثر من محيطين *Polystemonous* (٣) طلع الأسدية في محيط واحد *Haplostemonous* .

Obovate blade

نصل بيضى الشكل مقلوب ، طرفه أكثر إتساعا من قاعدته .

Obtusate

تضخم أو بروز صغير في جدار المبيض قريبا من منطقة الكلازا، أو من قمة الغلاف الخارجي للمبوضة فوق منطقة النقر، وقد يغلفه جزئيا. يتكون من خلايا بارنكيميائية مفككة، يوجد شائعا في كثير من أجناس العائلة الوردية مثل *Pyrus* و *Prunus*.

Obtuse leaf apex

قمة نصل مستديرة الشكل.

Ocrea

غمد يحيط بالعقدة في الساق ينشأ عن الالتحام أذنتي الورقة تسمى الأذنيات الغمدية *Ocreate stipules* كما في العائلة المعلقة.

Oligandrous androecium

طلع قليل الأسدية.

Oligospermous

قليل البذور.

Ontogeny

النشوء التكويني، يوضح تاريخ حياة نبات ابتداء من اللقحة حتى تكوين الأشجار في الزهرة، كما يوضح أيضا نشأة أي جزء من أجزاء النبات من مرحلة البداية حتى النضج الكامل.

Orbiculate blade

نصل مستدير الشكل، يتصل العنق بجانبه.

Orthopneous Ovule

بويضة مستقيمة رأسيا، النقر تجاه طرف المبيض بينما الكلازا عند قاعدته.

Osteocleroid

اسكلاريادة عظمية، جدرها سميكة ملحجننة، تأخذ شكل قطعة العظم، جزؤها الأوسط ضيق بينما الطرفان يكونان متضخمان.

Osmophor

غدة حاملة للرائحة العطرية، تتكون من نسيج إفرازي داخل من بضع طبقات خلوية مفرزة للرائحة العطرية، خلاياه إما محكمة التركيب أو مفككة، يخرج منها الزيت العطري في هيئة بخار أو قطرات. بعض الأجزاء الزهرية قد تتكشف إلى هذا النوع من الغدد في هيئة شريط أو أهداب. الخلايا الخارجية تكون متطولة قطريا. يوجد هذا النوع في عدد من العائلات مثل الفلقاسية والأوركيدية وعائلة أريستولونخيا.

Ostiole bark

قلف خارجي، يدل على جميع الأنسجة التي توجد خارج أكثر طبقات الكاسيوم الفليني

عمقا، أى يضم آخر بریدرم وأنسجة الساق التي تنزل الى الخارج منها.
الأنسجة الحية الداخلية وهى اللحاء والكامبيوم الفلينى والقشرة الثانوية تسمى القلف الداخلى *Inner bark*.

Ovary

المبيض فى الزهرة، جزء الكريلة القاعدى الذى يحتوى بداخله على بويضة أو أكثر. يتركب من كريلة واحدة، أو أكثر ملتحمة معا. اذا تكون المبيض من كريلة واحدة كان بسيطا وحيد المسكن *Unilocular*. إذا تكون من أكثر من كريلة فإنه يكون مركبا، وقد يكون إحدائى المسكن أو ثنائى *Bilocular* أو ثلاثى المسكن *Trilocular* اذا احتوى على ثلاثة حواجز كاملة ناتجة عن التحام حواف الكرابل حتى المركز. يختلف وضع المبيض بالنسبة لبقية محيطات الزهرة فقد يكون (١) علوى *Superior* (٢) سفلى *Inferior* (٣) نصف سفلى *Half inferior*.

Ovate blade

نصل يبيض الشكل يشبه بيضة الدجاج، الجزء العريض قاعدى.

Ovule

بويضة، تركيب يوجد بداخل المبيض تنشأ عنه البيرة بعد عملية الإخصاب، تحمل على المشيمة *Placenta* بواسطة الحبل السرى *Funiculus*. تتركب البويضة من الناحية المورفولوجية من النويسيلة *Nucellus* يوجد بوسطها الكيس الجنينى *Embryo sac* يحيط بها غلاف أو غلافين *Integuments* فيها عدا عمر ضيق يسمى النقر *Microphyle*. المنطقة القاعدية للبويضة التي يلتقى عندها النويسيلة مع غلافى البويضة، وأحيانا الحبل السرى تسمى الكلزا *Chlaza*. يوجد للبويضة نسيج وعائى ينتهى عادة فى الكلزا يتصل بنظيره فى المشيمة عبر الحبل السرى، وقد يمتد فى غلاف أو غلافى البويضة.

Palea

بالية، القنابة العليا التي تشترك فى تكوين غطاء الزهرة فى العائلة النجيلية، أما السفلى فتسمى العصيفة *Lemna*.

Pallende parenchyma

بارنكيميا عمادية، الطراز الأكثر تخصصا للقيام بعملية البناء الضوئى فى الورقة حيث توجد هذه الخلايا الجزء الأكبر من البلاستيدات. خلايا البارنكيميا العمادية، متطاوله عمودية على البشرة العليا، ذات جدر سليلوزية رقيقة. فى بعض الأحيان تكون البارنكيميا العمادية فى الورقة فى أكثر من طبقة، كما أن الخلايا قد تكون غير منتظمة الشكل، ذات بروزات جانبية صغيرة أو أذرع تجعل الخلية متفرعة. السطوح المعرضة للفرغات البينية

من البارنكيا العمادية تكون أكبر من نظيرتها في البارنكيا الأسفنجية .

Palmate venation

تعريق راحى، يحتوى نصل الورقة على عدد من العروق الرئيسية تنشأ من قمة عنق الورقة وتمتد في النصل على شكل أصابع اليد، وتفرع مكونة شكلا شبكيا .

Panicle

نورة دالية مركبة، غير محدودة النمو ذات أفرع مدلاه تحمل سنيلات معنقة . أفرع المحور الرئيسى ترتب في نظام عنقودى ينتهى كل منها بسنبيلة *Spikelet*.

Papilionaceous corolla

تويج فراشى، في العائلة الفراشية، يتركب من العلم والجناحين والزورق .

Paracytic stoma

ثغر متوازى الخلايا المساعدة، توجد خليتان مساعدتان متوازيتان مع المحور الطويل للخلية الحارسة .

Parallel venation

تعريق متوازى في نصل الورقة لغالبية النباتات ذات الفلقة الواحدة، متوازى طولى أو متوازى عرضى، في الأول تتوازى العروق طوليا في النصل، بينما في الثانى يوجد عرق وسطى تخرج منه عروق جانبية تتوازى عرضيا .

Paratracheal parenchyma

بارنكيا محورية توجد في الخشب الثانوى مرتبطة بالعناصر الناقلة، قد تكون قليلة أو كثيرة .

Parenchyma

نسيج بارنكىمى، خلاياه حية جدرها رقيقة، تتنوع في أشكالها وحجومها ومحتوياتها . من أنواعها المعروفة . بارنكيا البناء الضوئى، بارنكيا التهوية، العمادية والأسفنجية . أحيانا تكون الجدر إنتدائية سميقة أو ثانوية ذات جدر سميقة ملحجنة .

Parietal placentation

وضع مشيمى جدارى، توجد المشائم عند الحواف الملتحمة للكراويل في المبيض وحيد المسكن . وقد توجد المشائم أيضا على بروزات من الجدار .

Parted

ورقة مجزأة الحافة، تحايف الحافة عميقة تصل تقريبا حتى العرق الوسطى .

Passage cells

خلايا عمرة، توجد في الأندودرمس في الجذور، كما توجد أيضا في الأكسودرمس تحتوى على أشربة كاسبرى على الجذر القطرية والعرضية فقط، تمرر الماء والدائبات الى نسيج الخشب في الجذر.

Pedicel

عنق الزهرة.

Peduncle

محور النورة

Peltate

نصل درعى، مستدير، يتصل عنق الورقة به ظهريا

Peltate hair

شعيرة درعية الشكل، تنمو من البشرة في بعض الأوراق، تتركب من محور قصير يتصل عند طرفه بصفيحة قرصية الشكل عديدة الخلايا، قد تكون غدية مثل حشيشة الدينار Humulus أو غير غدية مثل الزيتون.

Pentameros, flower

زهرة محيطاتها الزهرية خماسية الأجزاء

Perfoliate

ورقة محيطة بالساق، قاعدة النصل تحيط بالساق عند العقدة فيبدو خارجا منها.

Perforation plate

الصفيحة المثقبة، توجد عند نهاية وحلة الوعاء، عند مناطق إتصال وحدات الوعاء معا طوليا. قد تحتوى على ثقب واحد فتسمى صفيحة بسيطة الثقيب، أو عدة ثقوب فتسمى مركبة.

Perianth

الغلاف الزهرى، مصطلح يدل على الكأس والتويج معا

Perilem

المرستيم الذي ينشأ منه القشرة في الجذر، أحد منشئات الأنسجة الثلاث في نظرية أصل الأنسجة.

Pericarp

جدار الثمرة، متخشب أو طرى، قد يفتح لتتشر البذور، أو يبقى مغلقا أى أن الثمرة غير منفتحة.

Periclinial

إنقسام خلوى بجدار عماسى موازيا للمحور.

Pericleve

والكامبيوم الفليني وجزء من الكامبيوم الوعائي من هذه الطبقة. قد توجد في بعض السيقان في هيئة ألياف.

Periderm

البريدرم، نسيج واقٍ يحل مكان البشرة الممزقة في الساق والجذر للنبات ذات الفلقتين التي يحدث فيها نمو ثانوي مستمر. تتكون أيضا على السطح المعرضة بعد سقوط الأوراق أو غيرها من أجزاء النبات. ينشأ البريدرم عن الكامبيوم الفليني *Phellogen* الذي ينتج عن انقسام خلاياه نسيج الفلين إلى الخارج وقشرة ثانوية إلى الداخل. القشرة الثانوية خلاياها بارزكيميحية قد تكون أحيانا جدرها سميكة. تتركب الخلايا في صفوف قطرية، وقد تحتوي على بلاستيدات خضراء مثل بعض أنواع الحور *Populus*. نادرا يتكون البريدرم في ذوات الفلقة الواحدة. كما يتكون البريدرم أيضا تحت سطح الجروح في السيقان. وينشأ البريدرم الأول في أماكن تختلف تبعا للنوع، فقد ينشأ في البشرة مثل الندفلة *Nerium* وكثير من أنواع الصفصاف *Salix*. المكان الشائع لتكوين البريدرم هو الطبقة التي تلي البشرة مثل البلوط والحور والبرقوق. وقد تنشأ خلايا البريدرم عميقا في آخر طبقات القشرة أو في بارنكيميا اللحاء كما في العائلة القرنفلية.

Perigynous flower

زهرة محيطية، تلتحم فيها قواعد الغلاف الزهري والأسدية معا ليتكون تركيب أنبوي *Hypanthium* لا يلتحم مع جدار المبيض. ينمو الكأس والتويج والطلع من قمة هذا التركيب الأنبوي فتظهر محيطة بالمبيض. كما تعتبر الزهرة محيطية أيضا إذا التحم الـ *Hypanthium* مع الجزء السفلي من المبيض.

Perisperm

البريسبرم، نسيج إختزائي يوجد في بعض البذور ينشأ عن النيوسيلة في البويضة. قد يوجد بمفرده في البذرة أو مع الإندوسبرم.

Petal

بتلة، الوحدة التركيبية للتويج في الزهرة، عادة تكون ملونة زاهية اللون، ذات رائحة مميزة. يرجع اللون إلى وجود بلاستيدات ملونة أو صبغات في العصير الخلوي، الرائحة ترجع إلى زيوت طيارة توجد في خلايا البشرة في البتلة. وقد توجد زوائد متنوعة على سطح البتلات.

Petaloid

بتلى، يشبه البتلات في اللون والشكل

Petiole

عنق الورقة، عنق الوريقة، زهرة معنقة، أو جالسة خالية من العنق. قد يكون العنق مجنحا كما من نبات النارجس *Citrus aurantium* كما قد يكون عريضا يشبه الورقة *Phyllode* كما في جنس *Acacia*. وأحيانا يكون طويلا على هيئة محلاق للتسلق.

Phellogen

الكامبيوم الفلينى، مرستيم ثانوى، جانبي، ينشأ عنه البريدرم. الخلايا مرستيمية ذات فجوات عصارية، من نوع واحد ينتج عن انقساماتها المماسية خلايا فلين الى الخارج وقشرة ثانوية بارنكيمية الى الداخل. قد ينشأ في البشرة أو طبقة القشرة التي تلى البشرة أو من بارنكيميا اللحاء (راجع البريدرم). القشرة الثانوية يتراوح عدد صفوفها بين ١-٣ بينما الفلين ٢-٢٠ صف تبعا لنوع النبات. الفلين يكون رقيقا في الجنود.

Phloem

نسيج اللحاء النسيج الأساسى المختص بنقل الغذاء من مناطق تكوينه الى مناطق استهلاكه أو تخزينه في جسم النبات. يتركب من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارنكيمية وألياف، قد توجد به اسكلريدات. واللحاء هو الجزء الخارجى من الحزمة الوعائية الجانية. قد توجد أشرطة من اللحاء متداخلة في الخشب الثانوى *Interxylary phloem* أو أجزاء منه متشرة في النخاع في بعض السيقان. الحزمة ذات الجانبين *Bicollateral vascular bundle* تحتوى على لحاء خارج الخشب وآخر الى الداخل من الخشب.

Phloem ray

أشعة اللحاء، الخلايا البارنكيمية التي توجد في جزء الشعاع الوعائي *Vascular ray* الذي يقع في اللحاء الثانوى على إمتداد الخشب.

Phylloclade

ساق متمحورة الى ورقة، تخرج من إبط ورقة حرشفية على الساق، تتركب من عدة سلاميات كما في نبات المهلبكيا *Meuhlenbeckia*.

Phyllode

عنق ورقة متورق.

Phyllotaxy

نظام ترتيب الأوراق على الساق، متبادل، متقابل، سوارى.

Phylogeny

التطور التعاقبي، التاريخ التطوري لمجموعة نباتية، يوضح منشؤها والتطور الذي حدث فيها، أى يوضح أسلافها وأنسالتها. يهدف الى معرفة منشأ المجموعات النباتية التي اندثرت والحالية لتحديد العلاقات الوراثية أو علاقة الدم بينها.

Pistillate flower

زهرة كربلية، مؤنثة، يوجد بها المتاع بينما يغيب الطلع.

Pit

نقرة، تمحوي في الجدار الثانوي للخلية، تتركب من (١) تمحويف النقرة *Pit cavity*، (٢) غشاء النقرة *Pit membrane* وهو خال من الجدار الثانوي، يتركب من الصفيحة الوسطى والجدارين الابتدائيين للخليتين المتلاصقتين، (٣) فوهة النقرة *Pit aperture* تصل ما بين تمحويفي النقرة والخلية. النقر توجد فقط في الجدر الثانوية. عادة توجد النقر في أزواج *Pit-pairs* حيث يوجد في مقابل كل نقرة أخرى مكملتها في الجدار الملاصق، يشتركان في غشاء نقرة واحد. ويوجد طرازان شائعان من النقرة: (١) نقرة بسيطة، *Simple pit* (٢) نقرة مضفوفة *Bordered pit*. يتركز الاختلاف الرئيسى بين الطرازين في أن الجدار الثانوي في النقرة المضفوفة يتقوس فوق تمحويف النقرة في هيئة ضفة. بينما النقرة البسيطة لا يوجد بها هذا التقوس. وتظهر النقرة البسيطة في المنظر السطحي كحلقة مستديرة بينما المضفوفة تشاهد في حلقتين، إحداهما صغيرة داخلية تحدد فتحة النقرة والأخرى كبيرة تحدد تمحويف النقرة.

Pith

النخاع، النسيج الأساسى في وسط الساق في معظم النباتات مغطاه البلور، يتركب في معظمه من خلايا بارنكيمية. عادة ترتب خلاياه. طوليا في صفوف. النخاع في كثير من النباتات يتحطم ويتلاشى وتصبح السلاميات مجوفة بينما تحتفظ العقد بما فيها من نخاع. أحيانا تبقى صفائح أو حواجز عرضية متتالية من النخاع على مسافات في بعضها فيسمى النخاع حاجزى *Diaphragmed* وإذا تلاشت عرف باسم النخاع المسكنى. يتنوع تكشف البارنكيميا من النخاع، أحيانا تخزن للوراثات أو تصبح اسكريدات، وقد تتلجنن جدر الخلايا البارنكيمية، أحيانا يحتوى النخاع على تراكيب لبن نباتى. الجزء الخارجى من النخاع قد تصبح خلاياه سميكة الجدر، فيعرف باسم الغلاف النخاعى *Medullary pith*.

Placenta

المشيمة، الموضع في المبيض الذي تتصل به البويضات.

Placentation

الوضع المشيمي، طريقة توزيع المشائم في المبيض، غالبا توجد على حواف الكرابل. وهناك عدد من طرز الوضع المشيمي منها:

١ - جدارى Parietal

يوجد في المبيض المركب وحيد المسكن حيث تلتحم الكرابل بحوافها. المشائم توجد على حواف الكرابل.

٢ - المحورى Axile

يوجد في المبيض المركب، حيث تنطوى حافات الكرابل وتتجمع الحواف في مركز المبيض فيتكون محور وسطي من التحام هذه الحواف، تحمل عليه المشائم. وعدد المشائم يتأثر بعدد الكرابل.

٣ - المركزى السائب Free central

يوجد أيضا في المبيض المركب. وتوجد المشائم على محور وسطي يمثل إمتداد من محور الزهرة، ولا يصل الى قمة المبيض ويظل سائبا.

٤ - قاعدى Basal

المبيض وحيد الكريلة، توجد المشيمة عند قاعدة المبيض حيث تحمل البويضة.

٥ - قمى Apical

يتميز بوجود بويضة واحدة في كل مسكن تكون معلقة عند قمة المبيض وتتصل بحبلها السرى من جهة المحور الوسطى إذا كان المتاع ملتحم الكرابل أو من الجهة البطنية للكريلة إذا كان المتاع منفصل الكرابل.

٦ - حافى Marginal

يوجد في المبيض وحيد الكريلة، وتوجد المشيمة عند خط التحام حافتى الكريلة.

Plate meristem

مرستيم صفائحي، يتألف من طبقات متوازية من الخلايا المرستيمية تنقسم قطريا، مما يؤدي الى زيادة السطح المنبسطة مثل الأوراق.

Plerome

مرستيم منشىء الأسطوانة الوعائية وما يرتبط بها من نسيج أساسى، وهو أحد المرستيمات الثلاثة في نظرية أصل الأنسجة.

Plumule

الريشة في جنين البذرة، قمة محور الجنين، تتركب من مرستيم قمى يحيط به ورقة أولية، أو أكثر، في النجيليات تحاط بغمد خاص، وأحيانا تحاط بقاعدة الفلقة كما في جنين بذرة البصل أو بغمد خاص وقاعدة الفلقة كما في بذرة البلح.

Pollen sac

كيس حبوب اللقاح في المتك *Anther*. في معظم مغطاة البذور يتركب المتك من فصين *Lobes* كل منها يتألف من كيسين. عند التلقيح يتحطم الجدار بين الكيسين فيصبح المتك مكونا من حجرتين، حجرة في كل فص متكى.

Pollinium

مجموعة من عدد كبير من حبوب اللقاح متجمعة معا تمثل جميع حبوب لقاح كيس حبوب اللقاح، كما في العائلة *Asclepiadaceae*. قد تكون هذه المجموعة مزدوجة ترتبط معا بواسطة جسم لاصق، أو تضم بضع مجموعات من عدد قليل من حبوب اللقاح تسمى *Massulae* ترتبط معا بخيوط فيسكين *Viscin threada*.

Polyarch root

جذر عديد حزم الخشب الإبتدائى

Polyderm

نسيج واقى، عديد الطبقات، يتركب من بضعة صفوف من خلايا بارنكيمية تتبادل مع صف آخر من خلايا جدرها تحتوى على أشربة كاسبرى أو زائدة التسوير، ينشأ هذا النسيج في الطبقة المحيطة للجذر. وعندما تتحطم خلايا القشرة، يتعرض البوليدرم وتموت خلاياها الخارجية، غير أن الداخلية تبقى. هذا النسيج يمثل إحدى الصفات في بعض العائلات مثل الوردية والأسية *Myrtaceae*. قد يصل سمك البوليدرم إلى ٢٠ صف من الخلايا.

Polygamo – dioecious

نبات متعدد الجنس، ثنائى المسكن، يحمل أزهارا خثى بالإضافة الى أزهار طلعية، والأزهار المتاعية تحمل على نبات آخر بالإضافة الى الخثى.

Polygamo – monoecious

نبات متعدد الجنس أحادى المسكن، يحمل أزهارا خثى بالإضافة الى أزهار مذكورة وأخرى مؤنثة.

Polypeptalous, Gamopetalous

توزيع سائب البتلات، ملتحم البتلات

Synsepalous أو Polysepalous, Gamosepalous

كأس سائب السبلات، عكس ملتحم السبلات

Poricidal Poticial

إفتتاح لتلك بواسطة ثقب Pores.

Porous wood

خشب ثانوى مسامى، يحتوى على ثقب تمثل القطاعات العرضية في عناصر الأوعية، يتميز به خشب ذوات الفلقتين. قد تكون المسام متشرة بدون نظام Diffuse porous أو مرتبة بنظام في هيئة حلقة Ring porous الأول مثل الزان والحوار والثانى مثل البلوط Quercus.

Posterior

تجاه الجانب الخلفى.

Prickle

تركيب شوكى صغير يحمل بدون نظام على البشرة في الساق.

Primary root

الجذر الابتدائى، وهو الأول للبادرة، ينشأ عن جذير الجنين خلال الإنبات.

Procambium

الكامبيوم الأول، تنشأ منه الأنسجة الوعائية الابتدائية، الخشب الابتدائى Primary xylem واللحاء الابتدائى Primary phloem.

Procurrent

زاحف على السطح، ساق زاحفة.

Prophyll

قنابة أولية، الورقة الأولى على ساق البادرة.

Prostrate

ساق راكدة على سطح الأرض.

Protandrous

زهرة مبكرة الطلع، تنضج المتوك وتنتشر حبوب اللقاح قبل أن تنضج المياسم في نفس الزهرة.

Protoderm

مرستيم ابتدائى، ينشأ منه جهاز البشرة، وهى الطبقة الخارجية من المرستيم القمى.

Protogynous

زهرة مبكرة المتاع، تنضج فيها المياسم بينما تكون المتوك غير ناضجة.

Protoplasm

بروتوبلازم، مصطلح يدل على جميع المكونات الحية في الخلية شاملا السيتوبلازم والنواة.

Protoplast

بروتوبلاست، هو جزء الخلية المحاط بجدار خلوي، أحيانا لا يوجد هذا الجدار، يتركب من مكونات بروتوبلازمية ومواد غير بروتوبلازمية، هو الوحدة الحية المنسقة للخلية.

Protostele

عمود وعائي أولى مصمت، هو الطراز البدائي، الجزء الأوسط خشب يحيطه اللحاء.

Protoxylem lacuna

فجوة الخشب الأول، فجوة محاطة بخلايا بارنيكيمي، توجد في الخشب الأول Pro-toxylem بالخزمة الوعائية في موضع تكسر عناصر الخشب الأول الوعائية، تشاهد حدر العناصر المكسرة على حافة الفجوة.

Pulvinus

قاعدة عنق السورقة، منتفخة في هيئة وسادة حساسة، تتأثر بالعوامل الخارجية، مثل العائلة Mimosaaceae. توجد أيضا في معظم نباتات الحشائش في هيئة تضخم في غلاف الورقة فوق منطقة إتصاله بالساق.

Pyxis

ثمرة علبة، تنفتح عند وسطها محيطيا، وينفصل جزؤها العلوى كغطاء مثل الرجلثة Portulaca.

Raceme

نورة عنقودية، بسيطة، غير محدودة النمو، محورها يحمل أزهارا منعقة، تتقارب في الطول، أكبر الأزهار عند قاعدة النورة وتندرج تجاه القمة مثل المشور Matthiola.

Rachilla

محور جانبي يحمل وريقات ثانوية Pinnules.

Rachis

محور يحمل الوريقات في الورقة المركبة الريشية

Radical

جذرية، يطلق على الأوراق قاعدية المنشأة، قريبا من قمة الجذر.

Radicle

الجذر الجنيني في البذرة، الجذير.

Ramiform pit

نقرة بسيطة متفرعة، ذات تجويف على هيئة قناة متفرعة.

Raphe

الرافى، جزء الحبل السرى الذي يلتحم مع غلاف البويضة، يكون في هيئة بروز يمتد فيه النسيج الوعائى للبويضة.

Raphides

بلمورات إبرية من أكسالات الكالسيوم توجد في حزم.

Ray

شعاع، شريط من خلايا بارانكيميعة يمتد قطريا عبر الخشب الثانوى واللحاء الثانوى. ينتج عن نشاط بدايات الأشعة في الكامبيوم الوعائى، يتركب من صف واحد أو اثنين أو أكثر عرضيا.

Receptacle

التخت، الجزء الطرفى لعنق الزهرة الذي تحمل عليه المحيطات الزهرية، عادة محدود النمو. متضخما أو متطاولا.

Reniform blade

نصل كلوى الشكل

Replum

حاجز كاذب، غشائى، يمتد بين مسكنين، ينشأ من التخت عند قاعدة المبيض.

Reticulate sieve plate

صفیحة غربالية، تترتب فيها المساحات الغربالية في نظام شبكى.

Reticulate thickening

تغليظ ثانوى شبكى يتراكم على الجدر الابتدائية للوحدات الناقلة في نسيج الخشب.

Reticulate venation

تعريق شبكى في نصل الورقة.

Revolute

نصل ورقة حافته منطبقتين الى أسفل

Rhizome

ريزوم، ساق أرضية، رفيعة أو سميكة، مقسمة الى عقد و سلاميات، توجد عليها أوراق حرشفية، في آباطها براعم تنمو الى أفرع هوائية.

Rhizodermis

البشرة في الجدر

Rhytidome

رايتيدوم، البريديم والأنسجة الخارجية التي تعزلها في الساق، شاملة القشرة واللحاء،

وكذلك اللحاء الثانوى في السيقان الخشبية المسنة.

Lib meristem

المرستيم الصفى، ينشأ عنه صفوف متوازية طوليا من الخلايا، نتيجة لانقسامات العمودية على محورها الطولى، تنشأ منه القشرة والنخاع.

Root cap

قلنسوة الجذر، تحمى المرستيم القمى للجذر، تنشأ من المرستيم منشء القلنسوة *Calyptragen* أو مشتركة مع البشرة في الجذر من مرستيم مشترك *Dermatocalyptragen*. تتحطم الخلايا الخارجية للقلنسوة نتيجة لإحتكاكها بحييات التربة وتتكون أخرى بدلا منها. كثيرا تغطى القلنسوة والجزء الطرفى من الجذر بمواد مخاطية في هيئة غلاف سميك لنج يحتوى على خلايا القلنسوة المحيطة المحطمة التي انفصلت عنها.

Root hairs

شعيرات جذرية، وحيدة الخلية، طولها عادة أقل من ٢/١ ملليمتر، تنشأ من خلية واحدة من خلايا البشرة، وقد تنشأ من خلية متخصصة من البشرة تسمى *Trichoblast*. تنشأ الشعيرات الجذرية على بعد حوالى ملليمتر من طرف الجذر. معظم الشعور الجذرية قصيرة العمر، تعيش بضع ساعات أو يوم أو أكثر وقد تعيش أسبوعا أو أكثر، وقد تعيش لبضعة شهور وتصبح جذرها سميكة.

Root nodule

عقدة جذرية، تركيب يشاهد على جذور النباتات البقولية، كروى الشكل أو أسطوانى أو مفصص، تبعاً لنوع النبات، يحتوى على بكتريا العقد الجذرية. تحتوى العقدة الجذرية على نسيج وعائى متصل بنظيره في الجذر.

Runcinate blade

نصل شوكى، مختلط الحافة، تقع بين المنشارية والمفصصة، الأسنان متجهة الى أسفل، قمة النصل مفصصة نوعا أكثر إتساعا من قاعدته المنشارية، مثل ورقة الهندباء *Taraxacum*.

Ruauer

ساق جارية، عادة عشبية، تنمو مفترشة سطح التربة، ذات أفرع قصيرة قائمة، وجذور عرضية عند العقد.

Saccate

في هيئة جيب أو كيس، مثل الكأس الجيبى في العائلة الصليبية.

Sagittate

نصل سهمي الشكل

Samara

ثمرة جناحية، جافة غير منفحة، يمتد غلافها الثمري في هيئة جناح، ذات بلرة واحدة، مثل لسان العصفور *Fraxinus*.

Saprophyte

نبات مترمم، يعيش على المواد العضوية غير الحية، مثل *Monotropa* نبات خال من الكلوروفيل، عديم الأوراق، مجموعة الجذري متفرع، لحمي، ينمو من داخل شمع زهري سميك *Scape* أصفر اللون يوجد عليه أوراق حشفية ملونة وينتهي بزهرة أو نورة. الأزهار خنثى.

Sapwood

خشب رنجو، يوجد في سيقان الأشجار، يحتوي على خلايا حية ومواد مخزونة يتحول إلى صمغي، لونه فاتح. أشجار الصفصاف *Salix* ذات خشب عصيري أو رنجو، شجرة الجراد *Robinia* الخشب الرنجو فيها يكون ضئيلا بينما الصمغي سميك.

Scalariform perforation plate

صفیحة عديدة الثقوب، الثقوب مرتبة في نظام سلمی، توجد في الجذر الفاصلة بين عناصر الوعاء. الثقوب تكون متطاولة ومتوازية.

Scalariform pitting

تنقير سلمی يوجد في جلد العناصر الناقلة للماء. النقر متطاولة عرضيا في تتابع رأسی أو متوازية في هيئة سلم.

Scalariform sieve plate

صفیحة غربالية سلمية، توجد في الجذر الفاصلة بين عناصر الأنابيب الغربالية في نسج اللحماء. تحتوي على مساحات غربالية مرتبة، في الصفیحة، متوازية مع بعضها فتشبه درجات السلم. المساحة الغربالية *Sieve area* مساحة في الصفیحة الغربالية منخفضة بها مجاميع من ثقوب دقيقة تمر خلالها روابط سيتوبلازمية تصل سيتوبلازم وحدات الأنبوبة الغربالية بعضها ببعض. الثقوب تكون محاطة بهادة الكالوز *Callose*.

Scales

حراشيف، قنابات أو قنابات أو أوراق صغيرة محورة، مختزلة، جافة مثل حراشيف البراعم، وهي إما أذينات أو أذنات أو أوراق محورة.

Scape

شمارخ زهرى سميک، يخرج من الجذور اللحمية لبعض النباتات التطفلة أو المترعة، من تحت سطح الأرض، يحمل أوراقا حشفية أو قنابات صغيرة، لا توجد عليه أوراق خضراء، قد توجد عليه زهرة أو عدة أزهار، مثل الهالوك المتطفل، والـ *Monotropa* المترمم.

Schizocarp

ثمرة جافة تنشق طوليا الى ثميرتين *Mericarps* كل منها ذات بذرة واحدة، وتتصل عند قمتها بجزء من الحامل الكريلى. تشاهد خمسة ضلوع على الثمرة يوجد في التجاويف بينها قنوات زيت. تسمى الثمرة خيمية *Cremocarp* في العائلة الخيمية.

Schizogenous air space

مسافة بينية إنفصالية، تنشأ بإنفصال جدر الخلايا على امتداد الصفيحة الوسطى.

Sclereid

اسكلريدة، خلية اسكلرنكيمية، ذات جدر سميكة ملجننة، تكثر بها النقر البسيطة، تتنوع أشكالها، منها الاسكلريدات الحجرية والمعادية والنجمية. توجد في الأوراق ولحم الثمار، وقصرة بعض البلور، وفي القشرة والنخاع واللحاء وغيرها. قد توجد منفردة أو في مجاميع.

Sclerenchyma

نسيج اسكلرنيكيمي، خلاياه اسكلرنكيمية، يصنف الى (١) ألياف، (٢) اسكلريدات. والخلايا ذات جدر سميكة ملجننة خالية من البروتوبلاست.

Scorpoid

نورة محدودة عقربية، محور النورة يتألف من أفرع ينتهى كل منها بزهرة، ويخرج من إبط القنابة التي توجد عند قاعدة الفرع. محور النورة يكون متعرجا. القنابات متبادلة فتنمو الأفرع بالتبادل.

Scutellum

القصة، في جنين النجيليات، يرى بعض الباحثين أن القصة هي الفلقة ويرى آخرون أنها جزء الفلقة المخصص في إفراز الإنزيمات لمضمغ الغذاء المدخّر في الإندوسبرم وامتصاصه لباقي أجزاء الجنين خلال الأنبات. السطح الملاصق للإندوسبرم تكسوه خلايا طلائية مفرزة للإنزيمات خلال الأنبات. غالبا توجد تجاويف على هذا السطح تبطنها خلايا طلائية.

Secondary phloem

لحاء ثانوى ينشأ عن الكامبيوم الوعائى . ترتب مكوناته في نظامين (١) الجهاز المحورى ينشأ من البدايات المغزلية ، (٢) الجهاز الشعاعى وينشأ من بدايات الأشعة . الجهاز المحورى يشمل الأنابيب الغربالية وخلاياها المرافقة بالإضافة الى بارنكيا واللياف اللحاء . الجهاز الشعاعى يتكون عنه أشعة اللحاء Phloem rays وهى على امتداد أشعة الخشب ويطلق عليها معا الشعاع الوعائى ، وهو إما وحيد الصف أو ثنائى أو عديد الصفوف ويمتد شعاعيا في اللحاء . قد يحتوى كل من الجهازين على اسكلريدات أو خلايا إفرازية أو بللورات .

Secondary vascular tissues

الأنسجة الوعائية الثانوية، تضم الخشب الثانوى واللحاء وينشآن عن الكامبيوم الوعائى .

Secondary phloem fibers

اللياف اللحاء الثانوى، توجد ضمن الجهاز المحورى للحاء الثانوى، قد توجد في حزم متبادلة مع الأنابيب الغربالية أو مبعثرة فيما بينها .

Secondary xylem

الخشب الثانوى، ينشأ عن الكامبيوم الوعائى خلال النمو الثانوى، يتميز فيه الجهاز المحورى والجهاز الشعاعى . الجهاز المحورى يتضمن الوحدات الناقلة للماء ، وهى الأوعية والقصبيات والاليف والخلايا البارنكيميية . الجهاز الشعاعى يشمل أشعة الخشب وهى على امتداد أشعة اللحاء الثانوى، خلايا بارنكيميية ترتبط بالبارنكيا المحورية . مكونة جهازا متصلا . الشعاع يكون وحيد الصف ، أو ثنائى أو عديد صفوف الخلايا البارنكيميية . يشاهد الشعاع عديد الصفوف في القطاعات المماسية للخشب في شكل عدسى أو مغزلى .

Secretory hair

شعرة غدية، ذات رأس وحيدة أو عديلة الخلايا تتركب من خلايا إفرازية . عادة تحمل على عنق من خلايا غير إفرازية .

Seedling

البادرة، نبت صغير، ينشأ عن جنين البذرة .

Sexual adventitious roots

جذور عرضية جنينية، تنشأ في الجنين على السويقة السفلى من النجيليات، تنمو خلال الابنات ويتراوح عددها بين جذر وثلاثة جذور . تبقى هذه الجذور لفترة طويلة من حياة

النبات، وهي رقيقة قطرها أقل من ٢/١ ملميمتر.

Separation layer

وطبقة الانفصال، تختص بقطع الصلة بين الورقة والساق، خلاياها أساسا بارنكيمية بالإضافة الى الأنسجة الوعائية، وتحتوى على مقدار ضئيل من الأنسجة الوعائية. عند ابتداء انفصال الورقة، تنفك الخلايا البارنكيمية من بعضها وتصبح الجدر الخلوية جيلاتينية ويرجع ذلك إلى تحول بكتات الكالسيوم في الصفيحة الوسطى الى بكتين يدوب في الماء. ويحدث الانفصال بتكسر العناصر الناقلة وغيرها ميكانيكيا. وقد تغلق العناصر الناقلة للماء بالتيلوزات Tyloses. وطبقة الانفصال تتركب عادة من صفيحة من الخلايا البارنكيمية أو أكثر.

Septate

مجزأ بحواجز عرضية

Septate fiber

خلية ليفية مقسمة بحواجز عرضية رقيقة، تنشأ بعد تكوين الجدار الثانوى. ينتشر هذا النوع من الألياف في خشب ذوات الفلقتين، وعادة تحتفظ بالروتوبلاست في الخشب المعصرى وتتخصص في إختزان المواد الغذائية. إذا كثرت في الخشب نقصت البارنكيا المحورية، وربما انعدم وجودها.

Septicidal

انفتاح حاجزى في الثمار، على إمتداد الحواجز بين الكرابل الملتحمة.

Serrate margin

حافة نصل منشارية، الأسنان متجهة الى الأمام

Scalile

جالسة، بدون عتق

Setose

مغطى بأشواك

Sheathing leaf base

قاعدة ورقة تحيط بالساق في هيئة غمد أو غلاف. قد يكون الغمد طويلا يحيط بالساق كما في كثير من ذوات الفلقة الواحدة مثل النجيليات والعائلة الموزية Musaceae.

Sieve plate

الصفيحة الغربالية، توجد في مغطاة البغور بين عناصر الأنبوية الغربالية، تتميز باحتوائها على مساحة غربالية واحدة أو أكثر. بسيطة ذات مساحة غربالية واحدة، مركبة عديدة المساحات الغربالية.

Silica cell

خلية سليكا، تحتلء بالسليكا، كما في بشرة أوراق النجيليات، توجد كثيرا في أزواج. قد

يتكون عنها بروزات شوكية ، وأشواك أو شعور . خلايا قصيرة أقل طولا من بقية خلايا البشرة .

Simple perforation plate

صفحة بسيطة الثقب ، ذات ثقب واحد توجد في عناصر الوعاء بالجدر الطرفية الواقعة بينها .

Siphonostete

عمود وعائى انبوسى ، الجهاز الوعائى إسطوانى يحيط بالنخاع .

Spadix

نورة إغريضية مركبة ، الشمراخ الزهرى لحمى ، متفرع ، كل فرع عبارة عن نورة سنبلية بسيطة ، تحاط النورة بقنابة كبيرة تسمى قينوى *Spathe* كما في نخيل البلح . أحيانا يكون القينوى ملونا كما في الكالا *Cala* .

Spatulate

ورقة ذات فصل ملعقى الشكل .

Spike

نورة سنبلية ، المحور طويل ورفيع ، يحمل أزهارا جالسة ، النورة غير محدودة النمو ، كما في الفربيينا *Verbena* .

Spikelet

سنبلية ، وحدة التزهيز في نورة العائلة النجيلية ، وهى إما جالسة أو منعقة ، ترتب الأزهار بالتبادل على محور السنبلية *Rachilla* . تتركب السنبلية من زهرة أو عدة أزهار . يوجد (قنابتان) *Glumes* (قنابتان) عند قاعدة السنبلية يغلفان أزهار السنبلية .

Spline

شوكية جامدة ، متخشبة ، ذات طرف حاد ، غالبا تنشأ داخلها ، قد تكون برعم متحور أو أذنة .

Stamen

سداه ، وحدة تركيب الطلع تتركب النموذجية من خيط *Filament* وملك *Anther* العضو الذى يحمل حيوب اللقاح .

Stamine flower

زهرة مذكرة ، لا يوجد بها متاع .

Staminode

سداة عقيمة ، توجد في منطقة الطلع كما في الكنا *Canna* أحيانا تكون الأسدية العقيمة

أعضاء إفرازية أو أسدية أثرية قد تكون في هيئة بروزات كما في الأزهار المؤنثة .

Stellate hairs

شعيرات نجمية الشكل، الشعور النجمية، تتركب الشعرة من محور قصير يحمل أفرعا شعاعية الترتيب، وحيدة أو ثنائية الخلايا . وتوجد في كثير من نباتات العائلة الخبازية .

Stigma

الميسم، جزء الكريلة الطرفي الذي يستقبل حبوب اللقاح ، قد يكون كرويا، مفصص أو متفرع .

Stiple

أذينة الوريقة .

Stipule

أذينة الورقة، زائدة توجد مع أخرى عند قاعدة كثير من أوراق النباتات ذوات الفقتين . تتعدد أشكالها، أذينات ورقية، محاليق، أشواك، أو تلتحم معا في هيئة غمد يحيط بالساق .

Stoma

ثغر، يتركب من فحة طولية تحيط بها خليتين حارستين، يوجد في الأعضاء الهوائية الخضراء .

Stone fruit

ثمرة حجرية مثل الثمرة الحسلة *Drupe* غلافها الداخلى الثمرى خشبى، الوسطى لحمى، الخارجى جلدى، ذات بذرة وحيدة .

Stroried cambium "Stratified"

كامبيوم طبقي، وعائى، يترتب فيه البدايات المغزلية في طبقات أفقية، كما يشاهد في القطاعات الميامية، أطراف الخلايا تكاد تكون في مستوى واحد .

Striate

مخطط أو محزز، به بروزات طولية .

Stroma, matrix

حشوة في البلاستيدات الخضراء، حيث ترقد فيها الجرانا *Grana* والأغشية الموصلة بينها . الجرانا هي التراكيب الغشائية الحاملة للكلوروفيل . تحاط الحشوة والجرانا بنشاء البلاستيدة المزودج .

Style

القلم في الكريلة، يصل المبيض بالميسم .

Stylopodium

قرص غلدى، يوجد عند قمة المبيض حول قاعدة القلم كما في العائلة الخيمية ينمو منه قلمان صغيران.

Suberization

عملية التسوير، ترسيب السورين في جدر الخلايا.

Subherbaceous

عشبي، نبات، يصبح متخشبا بتقدم النمو.

Submarginal initials

البدايات تحت الحافية في الورقة النامية، توجد تحت مرستيم البشرة، تسهم في تكوين الأنسجة الداخلية في الورقة.

Subpetiolar

تحت عنق الورقة ذات القاعدة المتسعة، تحيط بالبرعم لإبطى كما في العائلة .Platanaceae

Subsidiary cells

خلايا مساعدة حول الثغر، تختلف مورفولوجيا عن بقية خلايا البشرة.

Subulate

نصل يشبه السهم يضيق تدريجيا تجاه القمة.

Succulent

طرى، لحمى، عصيرى.

Suffrutescent

نبات شجيرى صغير، خشى عند القاعدة، وعشبي في جزئه العلوى.

Sulcate

سطح به تجاويف طولية.

Super ovary

مبيض علوى، غير مرتبط بالكأس أو الغلاف الزهرى.

Suture

درز، تجويف أو خط طولى يوضح التحاماً طبيعياً.

Syconium

ثمرة تبنية، مركبة، جزؤها الرئيسى من الشمرانخ الزهرى (اللحمى)، توجد الثمرات على السطح الداخلى وهى حسلات صغيرة Drupelets تحتوى على بذرة واحدة.

Symmetrical flower

زهرة منتظمة، محيطاتها الزهرية متماثلة العدد في كل سوار، كما تتماثل أجزاء كل محيط في الشكل والحجم.

Sympetalous زهرة، البتلات فيها ملتحمة.

Syncarpous

متاع زهرة الكراويل فيها ملتحمة، كراويل منفصة *Apocarpous*.

Syngenesious

أسدية ملتحمة المتوك مكونة تركيباً إنبوبياً يحيط بالمتاع.

Synsepalous

كأس زهرة، السبلات فيه ملتحمة من حوافها، على الأقل قاعدياً.

Tangential division

إنقسام مماسي، موازي للمحور، أي عمودي على نصف القطر.

Tapetum

الطبقة المغذية في جدار المتك، الداخلية، تحيط بكيس حبوب اللقاح الأختة في التكوين، تمدها بالغذاء، وينشأ منها مادة *Sporopollinin* التي تدخل في تكوين الجدار الخارجى لحبة اللقاح. صف واحد من خلايا غنية بالمحتويات، تحتوى الخلية على نواة أو أكثر، الجدر رقيقة. قد تبقى حتى نضج حبوب اللقاح في بعض مغلفة البذور، وكثيراً ماتحطمت جدر خلاياها وتأخذ شكل بلازموديوم *Plasmodium* يحيط بحبوب اللقاح حيث يقوم بتغذيتها وبناء جدرها، وأخيراً يتلاشى.

Tap root

الجلد الوتدى، ينشأ عن الجليد.

Tendrils

محلاق، تركيب رفيع يستعمله النبات في التسلق، قد يكون عضواً متحوراً مثل الورقة أو الوريقة، الأذنية، البرعم الخضرى، وأحياناً عنق الورقة أو عرقها الوسطى. يستخدم هذا المصطلح أحياناً، في حالة الجذور التسلقية فيسمى *Root tendrils* مثل الفانيلى. أحياناً يكون المحلاق متفرعاً.

Tepal

تيلة، أجزاء الغلاف الزهرى غير المتميزة إلى سبلات وبتلات.

Testa

غطاء البذرة؛ القصرة.

Tetrad

مجموعة من أربعة حبوب لقاح.

Tetradynamous

طلع يتركب من ست أسدية، أربعة طويلة الخيوط، وأثنان قصيران، مثل العائلة الصليبية.

Tetrahedral رباعى الجوانب.

Tetrarch root جلد رباعى حزم الخشب.

Tetramerous المحيط الزهرى يتركب من أربعة أجزاء.

Thalamous "torus" تحت الزهرة.

Theca كيس حبوب اللقاح في المتك.

Thorn

شوكة، قد تكون أفنية متحورة، وفي جنس السنط *Acacia* تكون الشوكة مخوفة ومتنفخة يأوى إليها النمل.

Tonoplast الغشاء البلازمى الذي يحيط بالفجوة العصارية.

Tracheary element عنصر وعائى ناقل للماء، الوعاء القصبية.

Tracheid

قصبية، وحدة ناقلة للماء في نسيج الخشب، خلية واحدة ذات جدر ثانوية سمكية ملجننة، التغلظ فيها يكون حلزونى، حلقى، شبكى، سلمى أو منقر. توجد في نسيج الخشب، اطرافها تراكب فوق بعضها.

Transition region

منطقة التحول من التركيب الوعائى للجدر الى التركيب الوعائى للساق.

Transmitting tissue

النسيج الموصل، الذي تسلكه أنبوية اللقاح خلال القلم في الكريلة حتى البرية في المبيض. قد يوجد على السطح الداخلى للمبيض وقد يصل حتى إلى المشيمة والحبل السرى.

Triarch root جلد ثلاثى حزم الخشب.

Trichoscleroid

اسكلريدة، خيطية متفرعة، تمتد أفرعها خلال المسافات البينية.

Tricoplate

حبة لقاح ثلاثية الأخلود.

Tuber

درنة، ساق أرضية قصيرة متنفخة، يوجد على سطحها عدد من إنخفاضات صغيرة تسمى العيون *Eyes* تحتوى العين على برعم أو أكثر سقطت أوراقها الحرشفية

تاركة ندبا صغيرة . تنشأ الدرنه نتيجة لتضخم الجزء الطرفى لفرع من الساق الرايزوم .

Tubercle

درنه هوائية صغيرة ، قد تنشأ عن برعم إبطى هوائى تبقى في أبط الورقة .

Tunic

الغلاف الخارجى الحرسى للبصلة أو الكورمة .

Tylosis

تيلوزات ، في نسيج الخشب ، تراكيب متفخمة توجد بداخل عناصر الأوعية أو القصيبات ، وقد تملأ هذه العناصر كلياً أو جزئياً . تنشأ التيلوزة كامتداد من جدار خلية من بارنكيا الأشعة أو البارنكيا المحورية تمر من خلال أغشية النقر الزوجية التي توجد في الجدر بين هذه الخلايا والعناصر الوعائية ، وتصبح نواة الخلية وجزء من سيتوبلازمها بداخل التيلوزة عندما يتوقف أى من العناصر الناقلة للماء عن العمل .

Umbel compound

نورة خيمية مركبة ، غير محدودة النمو ، هذا الطراز يعتبر واحداً من الصفات المميزة للعائلة الخيمية . محور النورة الرئيسى يحمل عند قمته عدة أفرع تسمى أشعة Rays تشبه أذرع الشمسية ، كل منها يمثل شمراخ زهرى لنورة خيمية ثلثية Umbellet . محور النورة الثانوية يحمل عدد من ازهار ذات أعناق متساوية في الطول تقريباً تخرج من منطقة واحدة . قنابات النورات الثانوية البسيطة تتجمع عند قواعد الأشعة مكونة مجموعة تسمى قلافة Involucre بينما تتجمع قنابات الأزهار عند قواعد أعناقها تسمى قليفة In-volucel

Uncinate hair

شعرة ذات طرف منحنى على شكل خطاف .

Undulate

حافة نصل متموجة .

Unifacial leaf

ورقة ذات تراكيب متباعدة على السطحين .

Unilocular ovary

مبيض به مسكن واحد .

Uniseriate ray

شعاع وعائى وحيد الصف من الخلايا .

Unisexual flower

زهرة وحيدة الجنس ، طليعة أو متاعية .

Unitegmic

بويضة ذات غلاف واحد .

Uricle

ثمرة كيسية ، صغيرة ، ذات بذرة واحدة عادة غير منفتحة ، الغلاف الثمري رقيق يشبه المثانة .

Vacuole

فجوة عصارية في الخلية ، تحتوى على عصير خلوى .

Vaginate

محاط بغطاء خارجى .

Vallecular

يدل على تجاويف بين الضلوع الطولية ، في ثمرة العائلة الخيمية ، تسمى أيضا *Inter-costal spaces*

Valvate

إنفتاح مصراعى ، أى بواسطة مصاريع أو صمامات *Valves* وهى أجزاء تنفصل عن الجدار الخارجى جزئيا مثل ثمرة الداتورة عند إنفتاحها . كما يستخدم أيضا هذا المصطلح ليدل على تحاور أجزاء الغلاف الزهرى في البرعم الزهرى دون أن تتراكب .

Vascular bundle

حزمة وعائية في الساق أو الورقة أو الزهرة ، ومن أنواع الحزم الوعائية :
(١) حزمة جانبية من خشب ولحاء ، (٢) حزمة جانبية مفتوحة من خشب ولحاء بينهما كامبيوم ، (٣) حزمة ذات جانبين *Bicollateral* تتركب من لحاء خارجى ، كامبيوم ، خشب ، لحاء داخلى ، (٤) حزمة مركزية ومنها (أ) مركزية الخشب ، (ب) مركزية اللحاء .

Vascular cambium

الكامبيوم الوعائى ، مرستيم جانبى ، ينشأ عنه الأنسجة الوعائية الثانوية ، خشب ثانوى ولحاء ثانوى ، الأول الى الداخلى والثانى الى الخارج . يحتوى على نوعين من البدايات ، بدايات مغزلية وبدايات الأشعة .

Vascular cylinder

الأسطوانة الوعائية ، الأنسجة الوعائية وما يرتبط بها من نسيج أساسى مثل النخاع في الساق والجذر .

Vascular ray

شعاع وعائى ، من خلايا بارونكيميية ، يمتد في كل من الخشب الثانوى واللحاء الثانوى ، شعاعيا .

Vascular system

الجهاز الوعائي، جميع الأنسجة الوعائية في أعضاء النبات.

Versatile

إتصال مفصل، اتصال خيط السداة بالمتك في منطقة وسطية ظهريا، يجعل المتك يتحرك في جميع الاتجاهات.

Vertical

سوار

Verticillate

مرتبة في سوارات *Whorls*.

Verticillate inflorescence

نورة سوارية، معقدة التركيب، مركبة، أزهارها جالسة توجد في سوارات حول محور النورة. السوارات متباعدة عن بعضها كما في السالفيا *Salvia*. المحيط الواحد عبارة عن نورات محدودة النمو *Cyme* جالسة، متقابلة، تخرج كل منها من إبط قنابة.

Vesicle

حويصلة، تركيب في هيئة كيس ممتلئ بالهواء.

Vessel

وعاء، في خشب مغطاة البلور، يتركب من وحدات تسمى عناصر الوعاء *Vessel elements* مرتبة طوليا في شكل أنبوية، الجدر الطرفية بين هذه العناصر تكون مثقبة في طرز مختلفة. الجدر ثانوية سمكية ملحجنة، التغلظ قد يكون حلزوني، حلقي، شبكي، سلمى أو بالنقر. عناصر عديمة البروتوبلاست.

Ventign

أثرى، جزء أو عضو ضئيل بسيط التركيب. لا يقوم بوظيفة نظيره العادى.

Vitae

قنوات زيت، توجد في التجايف بين ضلوع الثمرة في العائلة الخيمية.

Vexillum "banner"

البتلة العليا في تويج العائلة الفراشية تسمى العلم

Viscid

لزج، لاصق

Voluble

ملتف.

Water vesicle

حوصلة مائية، نوع من زوائد البشرة في هيئة كيس أو مثانة، خلية واحدة، ممتلئة بالماء.

Whorl

محيط أو سوار، يتركب من ثلاث أوراق خضرية أو زهرية على الأقل في هيئة حلقة.

Wing

جناح، إمتداد نسيجي، جاف ورقيق لعضو من أعضاء النبات، مثل الثمرة الجناحية في الأسفندان وأبو المكارم. يطلق أيضا مصطلح جناح إلى البتلتين الجانبيتين لتوزيع العائلة الفراشية.

Wound periderm

البريدرم الجرحى، نسيج واق ينشأ إستجابة لحلوث جروح في الساق يؤدي إلى وقاية الأنسجة الداخلية في منطقة الجرح. يحدث تسوير وتلعجن لخلايا السطح المجروحة، كما يغلق السطح المجروح بمواد شمعية مثل السويرين. تؤدي هذه التغيرات إلى تنشيط الإنقسام الخلوى في منطقة الجرح فيتكون فلين تحت منطقة الجرح. الخلايا التالفة الناتجة عن الجرح تصبح خارج منطقة الفلين.

Xerophyte plant

نبات صحراوي لديه القدرة على مقاومة الجفاف، لإحتواء جسمه على تركيب مورفولوجى يتميز عن غيره من نباتات البيئات متوسطة الرطوبة، يتضمن إمتصاص الماء وتخزينه والإقلال من فقداه فضلا عن تركيب خارجى وآخر خلوى يتضمن إحتواء خلاياه على مواد قابضة أو سامة.

Xylem fibers

ألياف الخشب، يوجد طرازان من الألياف في الخشب الثانوى: (١) القصيبات الليفية (Fiber tracheids، ٢) ألياف الخشب اللحائية. قد يكون كل من النوعين مقسم بحواجز عرضية فتسمى ألياف مجزأة Septate fibers. هذه الأخيرة تحتفظ بالروتوبلاست في الخشب الرخو وتقوم بإختزان مواد متنوعة مثل النشا والزيوت. النقر في ألياف الخشب اللحائية تكون غالبا بسيطة بينما تكون مضفوفة مختزلة التركيب في القصيبات الليفية. ألياف الخشب اللحائية أكثر طولاً وجدرها أكثر سمكا من القصيبات الليفية.

Xylem initial

بداية خلوية للخشب، توجد في الكامبيوم الوعائى، وهى خلية مرستيمية تنقسم بضع مرات يتكشف عنها عناصر نسيج الخشب.

Zygomorphic

زهرة وحيدة التناظر، لا يمكن تقسيمها إلى نصفين متناظرين إلا في مستوى واحد فقط على إمتداد خط واحد من الامام إلى الخلف Anterior-posterior line. وعادة ينتج ذلك

عن عدم تماثل النمو في أجزاء محيط أو أكثر كما في توزيع العائلة الفراشية، أو التحام بعض الأوراق الزهرية المتجاورة لتكوين شفتين كما في العائلة الشفوية أو تكوين تراكيب خاصة من بعض الأجزاء أو إختزال يحدث في أجزاء محيط مثل المتاع، أو تكون الكراويل ماثلة كما في العائلة الباذنجانية.

Zygote

اللاقحة، بداية تكوين الجنين، تنشأ من إتحاد البضة مع المشيعة المذكورة في المجموعة الكروموسومية، يكون عرضيا، وقد يكون طوليا.

المراجع

REFERENCES

أ - المراجع العربية Arabic References

- الحديدي، مصطفى؛ هلاي، محمد نصر وعرفة، عرفة (١٩٨٣م) المملكة النباتية - جامعة المنصورة - مصر.
- الحديدي، مصطفى؛ هلاي، محمد نصر وعرفة، عرفة (١٩٨٤) النبات الاقتصادي - جامعة المنصورة - مصر.
- الحديدي، مصطفى؛ هلاي، محمد نصر وعرفة، عرفة (١٩٨٦) مورفولوجيا النباتات الزهرية - جامعة المنصورة - مصر.
- الخطيب، جعفر ومهدى، عبد العزيز (١٩٦٥) علم النبات - بغداد - العراق.
- السحار، قاسم فؤاد (١٩٨٣) تصنيف النباتات الزهرية - مصر بالقجالة - مصر.
- الراوي، علي (١٩٦٦) النباتات السامة في العراق - حكومة بغداد - العراق.
- بولد، هارولد (١٩٥٧) مورفولوجيا النباتات - الترجمة العربية - مصر.
- بولزر، لورنس وييفيان، أ (١٩٣٦) المعجم المصور لأسماء النباتات - مصر.
- شودري، شوكت علي (١٩٨٩) الحشائش في المملكة العربية السعودية - وزارة الزراعة والمياه - المملكة العربية السعودية.
- هلاي، محمد نصر والهواوي، عبد الرحمن (١٩٩٣) أنماط الكائنات الحية - الحرس الوطني - المملكة العربية السعودية (تحت النشر).

ب - المراجع الأجنبية Foreign References

- Bernard, S. Meyer and Bojning, R. H. (1966) Introduction to plant physiology. D. Van Nostrand Comp., Inc., New Jersey.
- Boulos, L. and El-Hadidi, M. N. (1966). Common weeds in Egypt. Dar El-Maaref, Cairo.
- Boyd, L. and Avery, G. S. (1936). Grass seedling anatomy. The first internode of Avena and Triticum. Bot. Gaz. vol. 97.
- Braun, H. J. (1982). Lehrbuch der forstbotanik. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Braune, W., A. Leman and Taubert, H. (1983). Pflanzenanatomisches Praktikum I. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Cobley, L. S. (1976). An Introduction to the Botany of Tropical crops. Longman., 2nd Ed., London.
- Core, L. E. (1955). Plant Taxonomy. Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, Inc., USA.
- Dahlgren, G. (1987). Systematische Botanik. Springer Verlag, Berlin.
- Eames, A. J. (1961). Morphology of the Angiosperms Tata Mc. Graw-Hill Pub. Comp. Ltd., Bombay, New Delhi.
- Eames, A. J. and Mac Daniels. L. H. (1947). An Introduction to plant Anatomy. Mc Graw-Hill book Comp. Inc., New York. London.
- El-Hadidi, M.S. (1953). Ph. D. Thesis. The structure and development of the oat plant. Col. Sci. Aberdeen Univ., Scotland.
- Esau, K. (1965). Anatomy of seed plants. 2nd Ed. John Wiley and Sons, New York.
- Fahn, A. (1977). Plant Anatomy second edition, Pergamon Press Oxford, Frankfurt.
- Foster, A. (1954). The shoot apex in Angiosperms Bot. Rev. Vol. 20.
- Foster, A. S. (1965). Practical Plant Anatomy. D. Ivan Nostrand Comp., Inc., London.
- Frohne, D. and Jensen, U. (1985). Systematik des pflanzenreichs. G., Fischer Verlag, Stuttgart.
- Hahlbrock, K. and Griseback, H. (1979) Enzyme control in the biosynthesis of lignin and flavonoids. Ann. Rev. plant physiology vol. 30.
- Hayward, H. E. (1951). The structure of Economic plants. The Macmillan Comp., New York.
- Hector, J. M. (1936). Introduction to the Botany of field crops. Vol. I Cereals. Cent. News Agency, Ltd., Johannesburg, S. Africa.
- Helali, M. N. M (1972). Effects of Salinity on germination, growth and chemical composition of Egyptian henbane (*Hyoscyamus muticus*, L). M.

- Sc.Thesis, Faculty of Agric. Cairo Univ, Egypt.
- Helali, M. N. M (1977). Some physiological studies on salt tolerance of Egyptian henbane; *Hyoscyamus muticus*, L. plants. Ph. D. Thesis, Faculty of Agric. Cairo Univ., Egypt.
- Helali, M. N. M (1984) Effects of Salinity on the chloroplast ultrastructure and photosynthetic activity in horse bean plants. J. Agric. Sci Mansoura Univ; Egypt.
- Jansen, W. A. and Kavaljias, L. (1963). Plant biology today. Wadsworth Pub. Comp., Inc., Belmont, California.
- Johansen, D. A. (1950). Plant Embryology Waltham Mass.
- Knut, F. and Iversen, J. (1975). Textbook of pollen analysis. Hafner Press - New York.
- Kozlowski, T. T. (1973). Shedding of plant parts. Acad. Press, New York, London.
- Kutschera, L. and Lichtenegger, E. (1982) Wurzelatlas. Band I Monocotyledoneae. G. Fisher Verlag, Stuttgart.
- Laurence, G. H. M. (1978). Taxonomy of vascular plants, Oxford and Ibh Publ. Co. Bombay, Calcutta, New Dehli.
- Maheshwary, P. (1949). The male gametophyte of Angiosperms. Bot. Rev. 15: 1-75.
- Maheshwary, P. (1950). An Introduction to the Embryology of Angiosperms, New York.
- Malik, C. P. (1979). Current advances in Plant Reproductive Biology. Kalyani Pub., New Dehli, Ludhiana.
- Martin, J. T. and Juniper, B. E. (1970). The cuticles of plants. St. Martins Press, New York.
- Mascarehnas, J. P. (1975). The biochemistry of Angiosperm Pollen development. Bot. Rev. 41 (3)
- Metcalf, C. R. and Chalk, L. (1979). Anatomy of the dicotyledons. 2nd Ed. Vol. I Clarendon Press, Oxford.
- Metcalf, C. R. and Chalk L. (1983). Anatomy of the dicotyledons. 2nd Ed. Vol. II. Oxford, Clarendon Press.
- Meyer, B. S. and Anderson, D. B. (1948). Plant Physiology. A text book for colleges and universities. D. Van Nostrand Comp., Inc. London.
- Reid, E. (1979). Plant Organelles. John Wiley and Sons., New York.
- Rendle, A. B. (1967). The classification of flowering plants. Cambridge Univ. Press, Cambridge. Vol. I. Monocotyledons.
- Rendle, A. B. (1967). The classification of flowering plants. Vol. 2. Dicotyledons.

- Sargent, E. and Robertson, A. (1905). The anatomy of the scutellum in *Zea mays*. Ann. Bot Vol. 19.
- Smith, G. M. (1953). A textbook of general Botany. Mc. Millan Comp. Ltd., New York.
- Stanley, R. G. and Linskens, H. F. (1974). Pollen Biology, Biochemistry and Management. Springer Verlag, Berlin.
- Venkateswarlu, V. (1970). Angiosperms. S. Chand and Comp. (Pot.) Ltd. Ram Nagar, New Dehli-55.
- Weaver, J. E. (1926). Root development of field crops. Mac. G. Hill, New York.

هذا الكتاب

علم شكل النبات وتركيبه Plant Morphology هو أحد العلوم الرئيسية لعلوم النبات، وبعد هذا العلم الأساس الذي تركز عليه علوم النبات الأخرى، ولهذا يجب أن يلم بأساسياته كل متخصص في أى من هذه العلوم والمشتغلين في مجالاتها، ويختص علم شكل النبات وتركيبه بدراسة الوصف الخارجى والتركيب الداخلى للنباتات، ومعرفة التشابه والاختلاف في التركيب والنشأة، كما يشمل دراسة دورة الحياة في النباتات وما يحدث خلالها من تغيرات أو تكوينات.

ولقد أعد هذا الكتاب لطلاب المرحلة الجامعية الأولى وطلاب الدراسات العليا في علوم النباتات التطبيقية مثل المحاصيل والبساتين والغابات وأمراض النبات وتربية النبات ليكون مرجعا لهم في مجال مورفولوجيا النباتات مغطاة البذور، حيث يتضمن هذا الكتاب عرضا متكاملا لمورفولوجيا النباتات مغطاة البذور، شاملا لأربعة مجالات رئيسية احتوت على (١٨) فصلا وهي:

- ١ - دراسة دقيقة عن نشأة البذور والتركيب المورفولوجي لعدد منها ذات أهمية اقتصادية، وبعض التغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل تكوينها، بالإضافة إلى إنباتها. كما يشمل هذا المجال الوصف المورفولوجي للجذور والسيقان والأوراق والتحورات التي تحدث فيها.
 - ٢ - دراسة شاملة عن تركيب الحلية النباتية، وأنواع الأنسجة المختلفة التي يتكون منها كل عضو في النبات، بالإضافة الى دراسة شاملة للمرستبات في مغطاة البذور والنظريات الحديثة المرتبطة بها.
 - ٣ - دراسة التركيب الداخلى لأعضاء النبات والنمو الثانوى الذي يحدث في بعض هذه الأعضاء، بالإضافة إلى العلاقة بين تركيب النباتات مغطاة البذور والماء الذي يمثل أهم عوامل التربة تأثيرا في الشكل الظاهرى والاستجابة التشريحية لأعضائها الحضرية.
 - ٤ - دراسة وافية للزهرة شاملا التركيب المورفولوجي لأجزائها الزهرية المختلفة ومكوناتها، وبصفة خاصة تراكيبها التكاثرية والصور التي توجد عليها من زهرة الى أخرى.
- وتمثل الرسوم والصور التوضيحية جزءا هاما في هذا الكتاب، بهدف زيادة ا لمحتوياته، كما أضيف إليه فصل خاص يوضح تفسيرات للمصطلحات العلمية التي غيرها لتكون بمثابة إضافة علمية مختصرة وميسورة.

Bibliotheca Alexandrina



0207601

الأهرام AL-AHRAM